



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"**

**Dottorato di Ricerca  
in Metodi di Valutazione per la Conservazione Integrata  
del Patrimonio Architettonico, Urbano ed Ambientale  
a.a. 2005-2006**



## **Titolo**

**Risparmio energetico e fonti energetiche rinnovabili:  
approcci valutativi integrati**

***Tutor* Ch.mo Prof. Luigi Fusco Girard**

***Dottorando* Ilaria Salzano**

## Indice

Premessa pag. 5

### Parte prima Questioni ed approcci

<b>1. Cambiamenti climatici, fonti energetiche rinnovabili e risparmio energetico</b>	<b>» 13</b>
<b>2. Approvvigionamento energetico: dalle fonti energetiche fossili alle rinnovabili, potenzialità e vincoli</b>	<b>» 16</b>
2.1. Il mercato dell'energia elettrica	» 25
<b>3. Economia ambientale ed economia ecologica: approcci allo sviluppo</b>	<b>» 28</b>
3.1. Sviluppo sostenibile e risorse: alcune questioni	» 36
3.2. I limiti allo sviluppo	» 40
3.3. Beni ambientali ed esternalità: come superare i limiti allo sviluppo	» 44
3.4. Sfruttamento e conservazione delle risorse	» 52
3.5. Tasso di sconto e ambiente	» 53
<b>4. Il potenziale delle rinnovabili</b>	<b>» 58</b>
4.1. Il fotovoltaico	» 64
4.2. L'eolico	» 71
4.3. La biomassa	» 78
4.4. L'idroelettrico	» 81
4.5. La geotermia	» 82
<b>5. Crescita economica ed aumento dei consumi vs il risparmio energetico</b>	<b>» 85</b>

5.1.	Tipologie edilizie a basso consumo	» 95
5.2.	La certificazione per l'edilizia a basso consumo	» 98
5.3.	La casa passiva	» 101

## **Parte seconda Strumenti**

<b>1.</b>	<b>I riferimenti normativi per il risparmio energetico e le fonti energetiche rinnovabili</b>	<b>» 115</b>
<b>2.</b>	<b>La promozione del risparmio energetico</b>	<b>» 118</b>
2.1.	Le indicazioni e le direttive europee	» 118
2.2.	La normativa italiana	» 123
<b>3.</b>	<b>La promozione delle fonti energetiche rinnovabili</b>	<b>» 130</b>
3.1.	Le indicazioni e le direttive europee	» 130
3.2.	La normativa italiana	» 142
3.3.	Gli incentivi al fotovoltaico: dal conto capitale al conto energia	» 146
<b>4.</b>	<b>Il valore dell'ambiente</b>	<b>» 152</b>
<b>5.</b>	<b>Le valutazioni per l'ambiente</b>	<b>» 159</b>
<b>6.</b>	<b>Le valutazioni ex ante</b>	<b>» 162</b>
6.1.	L'analisi finanziaria e l'analisi costi benefici	» 162
6.2.	La valutazione multicriterio	» 166
6.2.	<i>L'analisi di Regime</i>	» 170
1.		
6.2.	<i>Il Decision Lab 2000</i>	» 171
2.		
6.2.	<i>La Community Impact Evaluation (Cie)</i>	» 172
3.		
<b>7.</b>	<b>Le valutazioni ex post</b>	<b>» 174</b>
7.1.	La valutazione multicriterio	» 174
7.1.	<i>Rosetta</i>	» 179
1.		
7.1.	<i>Rose 2</i>	» 180
2.		
<b>8.</b>	<b>Metodologie per valutare la sostenibilità</b>	<b>» 181</b>
8.1.	Il progetto ExternE	» 181
8.2.	Il progetto MCDA-RES	» 187

## **Parte terza La valutazione: dall'impianto tecnologico al contesto urbano**

<b>1.</b>	<b>Le valutazioni per il “miglioramento” della qualità della vita e dell’ambiente</b>	<b>» 193</b>
1.1.	Le fonti energetiche rinnovabili: una prospettiva per il superamento dei limiti allo sviluppo	» 195
<b>2.</b>	<b>La promozione delle fonti energetiche in Germania</b>	<b>» 202</b>
<b>3.</b>	<b>L’approvvigionamento energetico in Italia</b>	<b>» 212</b>
3.1.	I costi delle fonti energetiche rinnovabili	» 213
3.2.	Le nuove tariffe incentivanti per il fotovoltaico	» 221
<b>4.</b>	<b>La convenienza dell’investimento: analisi finanziaria ed analisi economica</b>	<b>» 229</b>
4.1.	L’analisi finanziaria e l’analisi economica per l’impianto fotovoltaico a scala micro	» 237
4.2.	L’analisi economica ad un tasso di sconto negativo	» 263
<b>5.</b>	<b>I benefici attuali della mitigazione dei cambiamenti climatici</b>	<b>» 267</b>
<b>6.</b>	<b>L’architettura high tech e low tech: due prospettive di riferimento per lo sviluppo sostenibile nella progettazione</b>	<b>» 271</b>
<b>7.</b>	<b>I programmi dell’Unione Europea per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico</b>	<b>» 273</b>
<b>8.</b>	<b>Le pratiche: esperienze di sostenibilità</b>	<b>» 280</b>
8.1.	I quartieri sostenibili	» 281
8.1.1	<i>Vauban</i>	» 283
8.1.2	<i>Rieselfeld</i>	» 285
8.1.3	<i>Solar Siedlung</i>	» 287
8.1.4	<i>Viikki</i>	» 288
8.1.5	<i>Bed Zed</i>	» 291
8.1.6	<i>Bo01</i>	» 293
8.1.7	<i>Greenwich Millennium Village (Gmv)</i>	» 296

8.1.8	<i>GWL-Terrein</i>	» 297
8.1.9	<i>Gelsenkirchen Solar city</i>	» 299
8.1.1	<i>Le isole: Aroe e Gotland</i>	» 304
0.		
<b>9.</b>	<b>La valutazione delle pratiche</b>	<b>» 307</b>
9.1.	L'approccio metodologico	» 309
<b>10.</b>	<b>Le modalità di finanziamento</b>	<b>» 328</b>
10.1.	Strategie per la promozione e l'implementazione del risparmio energetico e delle fonti energetiche rinnovabili	» 328
10.2.	Il finanziamento tramite terzi	» 330
10.2.	Le Energy Services Company	» 330
1.		
10.2.	Il modello tedesco di Eco-Watt	» 340
2.		
10.2.	Comparazione delle esperienze	» 348
3.		
10.3.	La finanza del terzo settore	» 358
10.4.	Banca etica e banca del movimento	» 363
10.5.	I titoli a tasso negativo: i Titan	» 367
<b>11.</b>	<b>Una nuova moneta per "l'energia in comune"</b>	<b>» 368</b>
<b>12.</b>	<b>Potenzialità e criticità dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili</b>	<b>» 371</b>
<b>13.</b>	<b>Conclusioni: verso nuovi scenari</b>	<b>» 378</b>
<b>1.</b>	<b>Riferimenti bibliografici</b>	<b>» 387</b>

## **Premessa**

La sopravvivenza dell'umanità dipenderà dal nostro grado di competenza ecologica, dalla nostra capacità di comprendere i principi dell'ecologia e di vivere in conformità con essi (Capra, 2005).

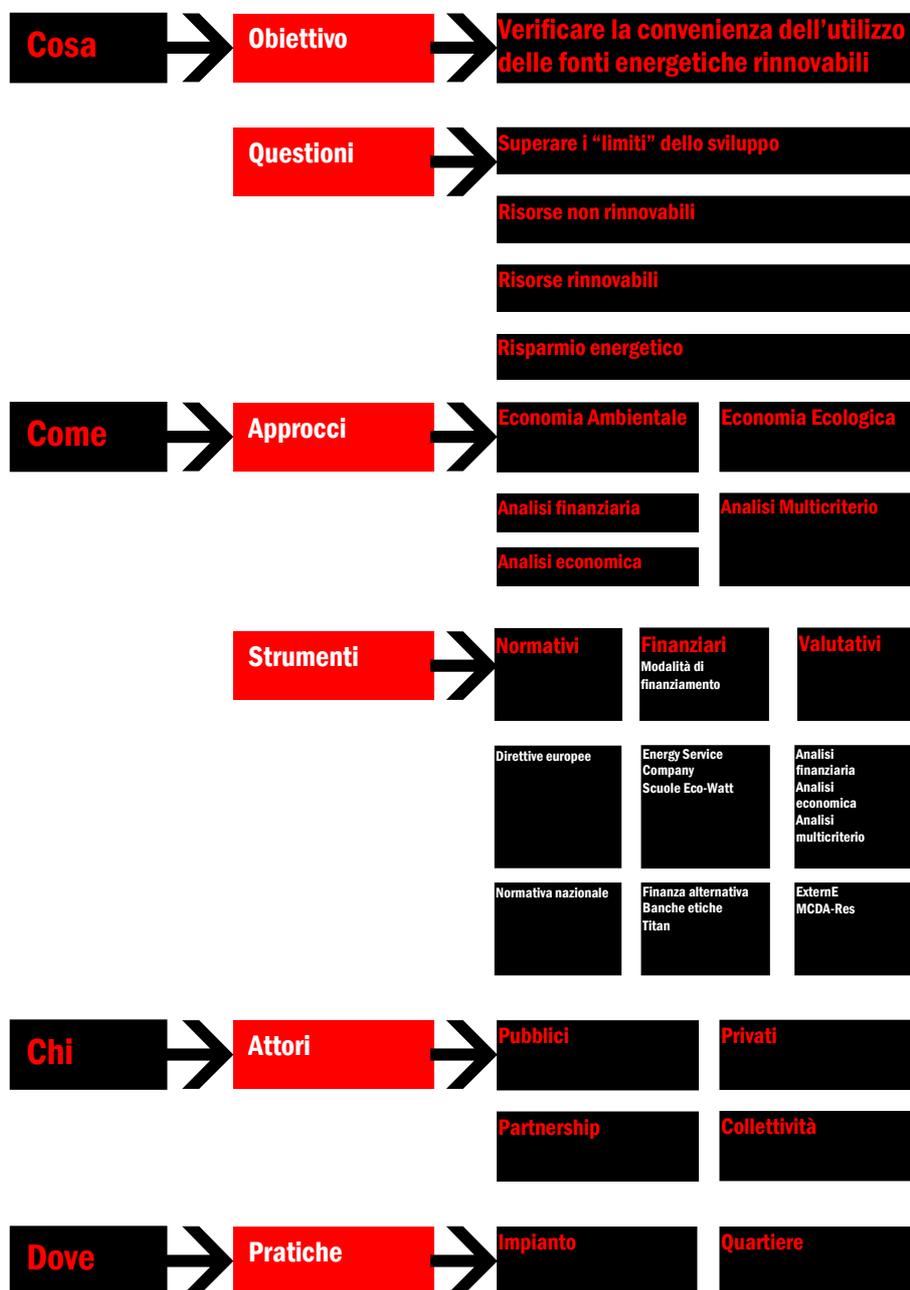
Obiettivo della ricerca è la verifica della “convenienza” delle fonti energetiche rinnovabili. Questo deriva da una diffusa consapevolezza di una loro necessaria promozione ed applicazione, ma una realtà non corrispondente alle aspettative. L'implementazione delle fonti energetiche rinnovabili è connessa con misure per il risparmio energetico, ovvero una riduzione dei consumi.

La scarsità delle risorse, l'inquinamento atmosferico, il problema dello smaltimento dei rifiuti, solo per citare alcune questioni, hanno indotto alcuni stati, in particolare europei, a rendersi conto della fragilità dell'ambiente inducendoli ad adottare alcuni provvedimenti per la sua salvaguardia. Le politiche ambientali non sono necessariamente in contrasto con lo sviluppo economico, ma anzi la creazione di ricchezza può essere compatibile con l'attenuazione della pressione su ambiente e quindi territorio e risorse.

L'attività economica, come ogni attività umana, si svolge all'interno dell'ambiente naturale. Tra sistema economico ed ambiente naturale si determina, quindi, una relazione di interdipendenza dalla quale derivano, sia il modo con cui il sistema economico influisce sull'ambiente, sia i limiti che l'ambiente stesso pone all'evoluzione ed all'espansione del sistema economico. Pertanto il nostro sistema economico non può funzionare senza il supporto del sistema ecologico e delle sue interrelazioni.

La ricerca propone un percorso metodologico (fig. 1) che a partire dall'approccio allo sviluppo dell'economia ambientale giunge all'economia ecologica tentando di considerarne alcune questioni. La prima è legata sicuramente al capitale naturale.

Figura 1 – Approccio metodologico



Questo può essere definito come la somma totale dei sistemi ecologici che sostengono la vita e si differenzia dal capitale costruito dall'uomo in quanto non può, appunto, essere il prodotto dell'attività umana. La sensazione è che ci si trova ad un bivio: i limiti della prosperità non derivano da carenza di capitale prodotto dall'uomo, ma da scarsità di capitale naturale. I cosiddetti "fattori limitanti" impediscono ad un sistema di sopravvivere o accrescersi e nessuno di essi può compensare la mancanza di altri.

Il principio di sostituibilità del capitale, propria dell'economia neo-classica, viene surrogato dalla consapevolezza dell'impossibilità della "sostituzione". Dunque, se l'economia incontra fattori limitanti per lo sviluppo la risposta è, solitamente, una ristrutturazione della stessa. Se il capitale naturale sta diventando un fattore limitante, vanno cambiati i modelli di consumo e produzione per tentare di massimizzare la sua produttività.

I ritardi nella diffusione delle tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili ed al risparmio energetico, derivano, soprattutto, da una carente consapevolezza in merito alla scarsità delle risorse, ma soprattutto ad un'insufficiente attenzione alle emissioni inquinanti, che provocano l'effetto serra ed i cambiamenti climatici. Pertanto l'approccio suggerito parte dall'economia ambientale, che considera la questione ambiente, necessariamente connessa al sistema economico tradizionale. Pensare all'ambiente ed alle sue risorse come un sottosistema economico è tuttavia limitante, soprattutto per i cosiddetti "beni comuni", ovvero quelli "senza mercato" cui è difficile dare un prezzo. Vengono perciò definiti "esternalità", ovvero fallimenti del mercato ed in quanto tali, scarsamente apprezzati oppure identificati e "misurati" secondo scale di valutazione non adeguate.

La questione dei cambiamenti climatici è sicuramente un problema multidimensionale da affrontare secondo un approccio a criteri multipli, proprio delle valutazioni multicriterio. L'introduzione delle fonti energetiche rinnovabili ed il risparmio energetico, quale risposta efficace a dette problematiche, si trova ad affrontare, in primo luogo, un problema di ordine finanziario, che può essere fronteggiato

mediante un'adeguata analisi finanziaria ed economica. Dimostrarne la fattibilità pertanto è utile anche a promuovere un'appropriata conoscenza delle nuove tecnologie, nonché di tutti gli effetti connessi alla loro costruzione ed installazione.

Il percorso metodologico presentato considera la valutazione "centrale" al processo decisionale e cerca di strutturare un percorso che si avvalga delle potenzialità della valutazione stessa, e dei differenti metodi disponibili, per cercare di analizzare gli aspetti connessi con le fonti energetiche rinnovabili ed il risparmio energetico.

L'approccio valutativo proposto è di tipo "integrato", con l'obiettivo di considerare, la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico, rispetto alle diverse dimensioni della sostenibilità, economica, ecologica, sociale.

La scelta, prima, dell'impianto a scala micro, per un'integrazione nel settore edile ed, a scala di quartiere (urbana), poi, ha permesso di evidenziare le diverse potenzialità delle fonti energetiche rinnovabili, unite a sistemi per il risparmio energetico. Le metodologie valutative utilizzate nel percorso hanno, pertanto, mostrato la validità delle stesse, nei vari momenti del processo (ex ante, in itinere, ex post) riuscendo a far emergere, contemporaneamente, gli aspetti legati alle differenti dimensioni della sostenibilità. In particolare, la valutazione ex post, dopo aver considerato la fattibilità finanziaria (ed economica) dell'applicazione tecnologica singola, consente di esplicitare "regole decisionali" che non pretendono di essere delle rigorose linee guida da seguire, ma indicazioni, punti di partenza per semplificare e, soprattutto, migliorare, la valutazione ex ante, con la conseguente scelta di prospettive di azione e di intervento, in un approccio ciclico e di continuo apprendimento.

Il percorso conduce, pertanto, alla definizione di un'istruttoria trasferibile, utile all'elaborazione di un processo di costruzione/riqualificazione *verso le solar cities*, evidenziando il significativo supporto, alla costruzione delle scelte, fornito dalle valutazioni integrate (ex ante ed ex post), concepite in modo tale che l'una sia in grado di fornire gli input per l'altra. La loro applicazione

conseguenziale e/o complementare mostra la maggiore efficacia che può essere raggiunta attraverso l'interazione delle diverse fasi sperimentate.

“Apprendere dalla comparazione” rappresenta l'obiettivo ed, allo stesso tempo, il risultato delle valutazioni ex post che consentono l'acquisizione di nuova esperienza trasferibile in altri contesti (Fusco Girard e Cerreta, 2001; Fusco Girard, 2002). L'approccio valutativo integrato può essere inteso come “processo di apprendimento” in grado di guidare l'elaborazione di un processo decisionale e di superare il gap che intercorre tra la valutazione come “ricerca” e la valutazione come “pratica”.

## **2. Cambiamenti climatici, fonti energetiche rinnovabili e risparmio energetico**

I cambiamenti climatici sono una realtà. Nel corso del XX secolo la temperatura media è aumentata di circa 0,6 °C a livello planetario e di oltre 0,9 °C in Europa. Su scala mondiale i dieci anni più caldi, mai registrati, sono tutti concentrati dal 1991 in poi. Le concentrazioni di gas serra sono le più elevate degli ultimi 450.000 anni e, secondo le previsioni, continueranno ad aumentare. All'origine dei cambiamenti climatici vi sono le emissioni di gas serra prodotte dall'attività umana (COM 2005/35).

Con l'entrata in vigore del protocollo di Kyoto l'impegno internazionale per la lotta ai cambiamenti climatici entra in una nuova fase. L'Unione Europea (UE) ha cominciato a ridurre le proprie emissioni di gas serra e deve disporre le strategie di medio e lungo termine per vincere la battaglia contro i cambiamenti climatici all'interno del suo territorio ed in collaborazione con la comunità internazionale. Vari stati membri dell'UE hanno già annunciato o proposto obiettivi climatici a medio e lungo termine a livello nazionale.

I paesi in via di sviluppo (Pvs), rispetto a quelli industrializzati, sono più vulnerabili ai danni provocati dai cambiamenti climatici, ma temono che l'abbattimento delle emissioni possa ostacolare il loro sviluppo economico. Tuttavia i Pvs saranno più inclini ad adottare politiche climatiche se queste contribuiranno a realizzare obiettivi di sviluppo più ampi. Il piano d'azione comunitario sui cambiamenti climatici e sviluppo sarà determinante per sostenere tali paesi ad affrontare queste problematiche.

La sfida dell'innovazione dovrà essere notevole. Saranno, infatti, necessari profondi cambiamenti nelle modalità di produzione ed utilizzo dell'energia. Alcuni cambiamenti nel consumo energetico avverranno comunque. Fattori come l'aumento costante dei prezzi dei combustibili fossili porteranno, verosimilmente, a rinunciare parzialmente al loro impiego. Oltre a misure finalizzate a ridurre l'emissione dei gas serra diversi dal CO<sub>2</sub> e a conservare o potenziare i pozzi di assorbimento del carbonio, in tutti i settori economici occorreranno ulteriori cambiamenti tecnologici, nonostante le nuove

condizioni. I risultati potranno essere conseguiti solo con una combinazione di politiche di incentivo e pressione.

Se i prezzi rispecchieranno effettivamente i costi esterni e la domanda rappresenterà meglio la sensibilità dei consumatori nei confronti delle problematiche del clima, aumenteranno gli investimenti in tecnologie più compatibili con il rispetto del clima stesso. L'attribuzione di un valore di mercato ai gas serra (ad esempio attraverso lo scambio delle quote di emissione o l'applicazione di tasse o imposte) può offrire un incentivo finanziario, che definirà una riduzione della domanda di energia ed a promuovere l'impiego di tali tecnologie, incentivando, ulteriormente, lo sviluppo tecnologico.

Analogamente, l'abolizione di sovvenzioni, che comportano un impatto negativo sull'ambiente, servirà a creare una situazione di parità tra le varie fonti energetiche.

Politiche di incentivo intelligenti ed economicamente efficaci dovrebbero sfruttare i normali cicli di sostituzione del capitale. Per una trasformazione graduale servirà un quadro politico-strategico stabile e di lungo periodo. Più si ritarda l'intervento e maggiore sarà il rischio che avvengano cambiamenti climatici irreversibili poichè non sarà più possibile stabilizzare le emissioni di gas serra a livelli più bassi. L'attività scientifica nel campo dei cambiamenti climatici continua a svilupparsi e in futuro i dati disponibili potrebbero mostrare che i cambiamenti avvengono ad una velocità più elevata di quanto sia possibile immaginare oggi. Una politica sul clima razionale, estesa sul medio-lungo termine, deve basarsi su una strategia che "lasci aperta ogni porta" e che consenta di puntare, in futuro, a livelli di concentrazione più bassi di quelli previsti inizialmente se le nuove conoscenze scientifiche ne dovessero evidenziare la necessità.

Il Consiglio Europeo di Lisbona ha definito nel marzo 2000 una strategia volta a fare dell'Unione Europea, entro il 2010, «l'economia basata sulla conoscenza più competitiva e dinamica del mondo». Il vertice di Lisbona ha auspicato, inoltre, l'adozione di un nuovo metodo di «coordinamento aperto», al fine di promuovere una crescita economica sostenibile, con nuovi e migliori posti di lavoro ed una

maggior coesione sociale. A differenza delle forme utilizzate in passato per formulare le politiche comunitarie, questa nuova impostazione implica la definizione di obiettivi e di parametri di riferimento per quantificare i progressi compiuti.

Il Consiglio Europeo di Göteborg del giugno 2001 ha completato la strategia di Lisbona integrandovi una dimensione ambientale. In tale contesto si è giunti a definire che lo sviluppo deve soddisfare i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere quelli delle generazioni future e, a tal fine, affrontare le politiche economiche, sociali e ambientali in modo sinergico. Limitare gli effetti dei cambiamenti climatici; introdurre sistemi di trasporto sostenibili; ridurre i rischi per la salute pubblica, gestire le risorse naturali in modo più responsabile ed integrare la dimensione ambientale nelle altre politiche comunitarie. Sono alcuni degli obiettivi prioritari decisi a Göteborg.

La strategia prevede che tutte le principali politiche siano sottoposte ad una «valutazione d'impatto sotto il profilo della sostenibilità» e tende, altresì, a migliorare il coordinamento delle strategie nazionali esistenti. Si dovrà, pertanto, prestare particolare attenzione ai «prezzi che riflettano i costi reali per la società», soprattutto nei principali settori prioritari: cambiamenti climatici, trasporti, sanità pubblica e gestione delle risorse naturali.

Uno dei punti salienti della strategia è rappresentato dall'obiettivo che l'Unione europea si è prefissata nell'ambito del protocollo di Kyoto: ridurre, entro il 2012, le emissioni di gas ad effetto serra dell'8 % rispetto ai livelli del 1990. Nel 2000 queste emissioni avevano fatto registrare una diminuzione del 3,5 %.

Il Consiglio di Göteborg ha inoltre definito importanti obiettivi ambientali e scadenze precise a livello strategico, politico e legislativo in linea con gli accordi internazionali:

- cambiamenti climatici: riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra (in base agli obiettivi di Kyoto) con risultati tangibili entro il 2005 e progressi verso il conseguimento, entro il 2010, dell'obiettivo indicativo del 22 % di elettricità prodotta con fonti rinnovabili;

- sistemi di trasporto sostenibili: operare una scissione significativa tra crescita dei trasporti e aumento del Prodotto Interno Lordo (Pil), in particolare passando dai trasporti su strada ad altre modalità di trasporto; affrontare i volumi di traffico e i livelli di congestione, rumore e inquinamento crescenti; promuovere l'impiego di sistemi di trasporto rispettosi dell'ambiente nonché gli investimenti in infrastrutture correlate (passando dai trasporti su strada ad altri sistemi);
- sanità pubblica: rispondere alle preoccupazioni dei cittadini in merito alla sicurezza e alla qualità dei prodotti alimentari, all'utilizzo delle sostanze chimiche, alle malattie infettive e alla resistenza agli antibiotici;
- gestione delle risorse: dissociare lo sfruttamento delle risorse e la produzione di rifiuti dalla crescita economica. Nel sesto programma d'azione per l'ambiente sono stati inoltre definiti obiettivi e scadenze relativi ad una serie di altre problematiche.

In particolare, in riferimento alla “gestione responsabile” delle risorse naturali, il Consiglio Europeo invita a modificare la relazione tra crescita economica, consumo di risorse naturali e produzione di rifiuti. La forte crescita economica deve andare di pari passo con un utilizzo delle risorse naturali ed una produzione di rifiuti che siano sostenibili, salvaguardando la biodiversità, preservando gli ecosistemi ed evitando la desertificazione.

### **3. Approvvigionamento energetico: dalle fonti energetiche fossili alle rinnovabili, potenzialità e vincoli**

Le debolezze strutturali dell'approvvigionamento energetico dell'Unione Europea si manifestano attraverso il crescente tasso di dipendenza dal resto del mondo, dal ruolo determinante assunto dal petrolio per il prezzo dell'energia e dai risultati deludenti delle politiche di riduzione dei consumi. La prima crisi del petrolio negli anni settanta ha suscitato preoccupazione riguardo l'esaurimento delle risorse fossili e la dipendenza dai paesi produttori di petrolio. Ad esso si aggiungono

le rilevanti emissioni di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), principale causa dell'effetto serra, che provoca, a sua volta, il cambiamento del clima globale. Le preoccupazioni di carattere ambientale costituiscono la spinta determinante per una domanda crescente di energia da fonti energetiche rinnovabili strettamente connesse con misure per il risparmio energetico. Tuttavia, nonostante l'abbondante disponibilità ed il considerevole potenziale economico, in Europa le fonti energetiche rinnovabili vengono sfruttate ancora in maniera disomogenea ed insufficiente. D'altro canto, la loro implementazione, insieme alla promozione del risparmio delle risorse, rappresenta un obiettivo centrale della politica energetica dell'Unione Europea.

La questione dell'approvvigionamento energetico è legata in maniera duale ai limiti dello sviluppo. L'energia è il nodo centrale per lo sviluppo/crescita dell'economia ed una "scelta" nell'una o nell'altra direzione comporta modalità di approccio differenti. L'apporto energetico è necessario per mantenere l'equilibrio di un ecosistema e diventa indispensabile in uno fortemente antropizzato. Non si può pensare ad una "crescita" in alcun settore senza un adeguato apporto energetico e di risorse (naturali, materiali, immateriali). Tuttavia va definita la "direzione della crescita". La questione tra crescita e sviluppo è diventata più forte con l'insorgere di problemi relativi all'inquinamento, cambiamenti climatici, scarsità delle risorse, pertanto, anche la scelta di un uso consapevole ed appropriato delle risorse in generale e di quelle energetiche in particolare, diventa nodo centrale per la costruzione di politiche di lungo periodo orientate allo sviluppo sostenibile ritenendole appropriate alla creazione di sviluppo e benessere.

L'inversione di tendenza del sistema economico basato sostanzialmente sulle risorse fossili presuppone una forte volontà politica e/o una "spinta dal basso" da parte delle comunità. Le difficoltà si riscontrano con le politiche improntate al breve periodo. Esse non possono prevedere simili trasformazioni e finiscono con il favorire attività dannose per l'ambiente lasciando le "tecnologie pulite" in balia del "mercato".

I sistemi di tassazione attualmente in voga sembrano orientati a scoraggiare lavoro e benessere.

Tasse e sussidi sono una forma di comunicazione in grado di influenzare il cambiamento perché sia ricchi che poveri si comportano in conseguenza degli aumenti dei prezzi. Se un prodotto viene tassato si tende a comprarne meno. Viceversa se viene incentivato. Un tentativo per migliorare la produttività delle risorse sarebbe quello di spostare l'imposizione fiscale dal lavoro all'inquinamento, allo sfruttamento di risorse ed ai rifiuti.

Va pertanto ridefinito cosa tassare e cosa incentivare poiché le tasse sullo sfruttamento del capitale naturale indurrebbero, sostanzialmente, alla sua conservazione.

Se il prezzo è quanto le persone pagano ed il costo ciò che la collettività paga oggi ed in futuro, l'obiettivo sarebbe quello di far combaciare prezzi e costi, ma nel sistema attuale si conoscono i prezzi e non i costi reali.

Il problema rilevante è, però, di ordine economico-finanziario. L'uso delle fonti energetiche rinnovabili ed anche di sistemi per il risparmio energetico è ostacolato da elevati costi di investimento iniziali rispetto ai cicli convenzionali, poiché i prezzi di questi non riflettono i costi effettivi.

Le fonti energetiche rinnovabili sono contraddistinte da una notevole variabilità temporale e dipendono fortemente dal sito di installazione. Una valutazione del costo complessivo dell'energia si ottiene da un'analisi di diverse componenti:

- costi (economici) di installazione, che si dividono in fissi (costi di investimento per impianti ed apparecchiature) e variabili (costo del combustibile e costo di esercizio e manutenzione);
- costi esterni, dovuti all'utilizzazione energetica in questione, che non sono caricati sul produttore, ma che ricadono sulla collettività (ad esempio i danni ambientali). Un'analisi accurata di questi costi (esternalità) va effettuata sull'intero ciclo di vita dell'installazione (fase di costruzione, esercizio e smantellamento dell'impianto).

- costi (economici) futuri: le potenzialità di ulteriore sviluppo della tecnologia di domani.

I costi variabili per gli impianti delle fonti energetiche rinnovabili non sono molto elevati (basso costo di esercizio e manutenzione, costo combustibile generalmente nullo). I costi esterni derivano dall'installazione dell'impianto e non compaiono, di solito, nel costo del kiloWattora (kWh). I costi futuri derivanti da un maggiore utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili possono: migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento attraverso la diversificazione delle fonti stesse; ridurre il rischio connesso alle oscillazioni dei prezzi dei prodotti petroliferi; contribuire al rilancio economico del paese perché in grado di aprire nuove opportunità di impiego e di investimenti in settori ad elevato contenuto tecnologico, interessati da una penetrazione molto rapida nel mercato.

I costi delle risorse fossili, in genere, sono valutati solamente in termini di prezzi di mercato senza prendere in considerazione, ad esempio, i danni ambientali o alla salute, difficili da quantificare così come quelli politici. Spesso le cosiddette politiche ambientali vengono viste in contrapposizione ad obiettivi della politica economica, quali l'occupazione e la crescita, sottolineando l'impatto negativo che potrebbe manifestarsi per quanto riguarda la competitività internazionale. Nonostante i recenti sviluppi di dette fonti, va considerato che queste non possono competere con la crescita della domanda mondiale di energia. Anche perché, nell'ottica della competizione globale, l'attenzione dei mercati, più che alle *tasse verdi*, finalizzate ad aumentare il prezzo dell'elettricità da fonti fossili, è indirizzata ad ottenere prezzi più bassi per l'energia. Inoltre è un assunto generale considerare i combustibili fossili economicamente più vantaggiosi, trascurando di analizzare l'intera catena di approvvigionamento e produzione dell'energia (la catena delle fonti energetiche rinnovabili è più corta). In genere, i costi delle risorse fossili vengono valutati solo come prezzi di mercato e tuttavia i costi ambientali sono così alti che sarebbe da irresponsabili ignorarli solo perché difficile calcolarli con esattezza.

Spesso i costi energetici vengono erroneamente resi equivalenti ai prezzi. Si presume, cioè, che individui ed aziende non abbiano alcun controllo sul consumo energetico. L'energia andrebbe considerata come costo variabile. Se l'energia fossile e nucleare sono misurabili con il rapporto costi/benefici, le fonti energetiche rinnovabili aprono la strada a nuove opportunità economiche (pannelli solari come elementi costruttivi, residui dell'agricoltura come fonti energetiche, ecc.). Tutto ciò fornisce un ulteriore taglio dei costi e gli investimenti nelle fonti rinnovabili possono portare a profitti aggiuntivi. Ciò implica, ad esempio, che chi acquista un impianto fotovoltaico non è solo utente, ma anche operatore economico indipendente nel campo economico. I confronti tra i costi energetici attualmente in uso si limitano spesso a paragonare i costi di investimento per unità, sulla base del costo medio per kWh generati. Nel caso del fotovoltaico e dell'eolico la comparazione risente della discontinuità del rifornimento di luce e vento che incidono sul funzionamento dell'impianto e, di conseguenza, l'output annuale medio effettivo, è inferiore a quello di una centrale elettrica convenzionale, seppure anche il funzionamento di queste non sia costante.

Va considerato inoltre che, nella generazione elettrica di impianti da fonti energetiche rinnovabili, gli operatori possono essere:

- parte integrante del sistema di fornitura, ed agire come produttori, che vendono elettricità ad un distributore;
- produttori, ed avere anche il ruolo di fornitori dell'utente finale;
- autosufficienti, ed usare l'impianto per soddisfare i propri bisogni energetici;
- autosufficienti, e, contemporaneamente, vendere il surplus di elettricità prodotta ad un distributore;
- fornitori contemporaneamente di energia a sé stessi e ad altri utenti.

L'energia rinnovabile può essere usata per ridurre i costi. Un costo, che viene evitato in tutte le installazioni di energia solare e che, spesso, non viene considerato, è quello di funzionamento.

Il costo della generazione elettrica dipende, di solito, da fattori quali costi di investimento (progettazione iniziale, acquisto dei terreni,

realizzazione della centrale elettrica, messa in funzione, realizzazione degli edifici ausiliari, collegamenti alla rete di distribuzione elettrica, monitoraggio tecnico e controllo di qualità, costo del finanziamento) e costi operativi (combustibile, personale, assicurazione, manutenzione).

Determinare, pertanto, i costi della fornitura energetica in funzione del costo di investimento per capacità in kWh è inadeguato perché presuppone che gli impianti funzionino costantemente e che i costi operativi siano identici.

Nel 2004, il dibattito internazionale sull'energia ha focalizzato nuovamente l'attenzione su un probabile ritorno all'energia nucleare, piuttosto che alle fonti energetiche rinnovabili, per la risoluzione dei problemi legati alla scarsità/sovrautilizzo delle risorse fossili, nonché ai problemi politici connessi (tabb. 1-3).

Il passaggio alle energie rinnovabili è un cambiamento strutturale economico profondo, non realizzabile senza attriti, né senza il consenso dell'industria energetica tradizionale. Il complesso "economico-energetico" è, infatti, il settore più grande e più potente dell'economia mondiale e le resistenze contro le rinnovabili cresceranno proporzionalmente alla loro integrazione con l'offerta di energia fossile e nucleare (Scheer, 2006).

Nonostante dovrebbero essere messe in atto strategie prioritarie per consentire la diffusione delle fonti rinnovabili, solo recentemente ciò è stato preso in considerazione come "emergenza". In Germania, grazie alla legge sulle rinnovabili del 2000/2004, il tasso di crescita a livello di produzione di energia è tra i più alti (circa 3.000 MegaWatt annui) e si sono sviluppate anche numerose imprese come la Enercon, la Solar Word AG, la Solar Fabrik. Anche in alcuni paesi in forte sviluppo, come ad esempio in Cina, sono stati installati, in pochi anni, 50 milioni di mq di collettori solari, con un tasso di crescita annua di 12 milioni di mq e, nel 2005, è stata approvata una normativa simile a quella tedesca che permette l'immissione in rete a prezzi garantiti.

**Tabella 1 – Questioni dominanti sul fabbisogno energetico**

<b>Questione</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Effetto correlato</b>
<b>Insufficienza del potenziale disponibile</b>	Il potenziale sfruttabile delle energie rinnovabili non sarebbe sufficiente per poter rinunciare a quelle nucleari o fossili.	Questa premessa fa ritenere inevitabile l'impiego a lungo termine delle energie fossili che andrebbe perciò accettato nonostante tutti i pericoli.
<b>Implementazione nel lungo periodo</b>	L'attivazione di energie rinnovabili su vasta scala non è immediata, sarà possibile in un futuro lontano. È perciò indispensabile effettuare grossi investimenti sulle energie convenzionali, senza i quali non sarebbe possibile soddisfare il fabbisogno energetico dell'umanità.	Questa premessa, sostenuta con il pretesto di favorire le energie rinnovabili, punta a ritardarne l'introduzione, mentre nel frattempo andrebbe tollerato l'uso delle energie convenzionali.
<b>L'assoluta necessità di grandi centrali</b>	Il fabbisogno di una società industriale e urbanizzata non si potrebbe soddisfare senza le grandi centrali; le energie rinnovabili, sfruttabili in prevalenza attraverso piccoli impianti, non sarebbero perciò idonee.	Questa premessa punta a garantire l'accettazione delle grandi centrali. Essa induce ad allineare la tecnologia delle energie rinnovabili a forme di impianti centralizzati, trascurando le forme applicative decentralizzate, molto più diversificate e introducibili.
<b>Miglioramento dell'efficienza degli impianti ad energia convenzionale esistenti per ridurre l'impatto ambientale</b>	Gli investimenti finalizzati ad aumentare l'efficienza degli impianti energetici convenzionali e ad ottimizzare le utenze sarebbero meno costosi e contribuirebbero a risolvere il problema dell'impatto ambientale con maggiore rapidità.	Questa premessa viene usata contro le iniziative a favore delle energie rinnovabili, suggerendo che entrambe le ipotesi non siano possibili e necessarie contemporaneamente.
<b>Priorità delle strutture di approvvigionamento energetico esistenti</b>	Le energie rinnovabili dovrebbero servirsi delle strutture di approvvigionamento che già esistono ed essere compatibili con queste. Soprattutto per l'energia elettrica la struttura esistente è considerata un'esigenza tecnica oggettiva.	Questa premessa trasforma lo <i>status quo</i> in criterio di tollerabilità delle rinnovabili ed afferma una neutralità incolpevole delle strutture di approvvigionamento rispetto a tutte le fonti energetiche, che in realtà non è mai esistita, né può esistere.
<b>Salvaguardia delle risorse macroeconomiche</b>	Tutte le decisioni a livello di politica energetica devono evitare la distruzione di capitali nell'industria energetica. In questo modo gli interessi delle economie nazionali sono equiparati a quelli dell'industria energetica.	Questa premessa nasconde un'idea di economia pianificata, indiscutibilmente legata alla visione che l'industria energetica rimanga l'unico fornitore di qualsivoglia energia: una prospettiva falsa rispetto all'alternativa rappresentata dalle rinnovabili.
<b>Necessità di finanziamenti per l'implementazione delle energie rinnovabili</b>	I danni economici indiretti delle energie convenzionali non vengono considerati ed allo stesso tempo si distoglie l'attenzione dagli enormi vantaggi economici e sociali delle fonti energetiche rinnovabili.	Questa premessa tenta di opporre gli interessi del presente a quelli del futuro, e ad invogliare i singoli ad un comportamento egoistico nei confronti del bene comune.

Fonte: Rimodulazione da Scheer 2006

**Tabella 2 – Effetti connessi all'approvvigionamento energetico**

<b>Questione</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Dipendenza dalle sovvenzioni</b>	Con questa premessa si distoglie l'attenzione dal fatto che i sussidi a favore delle energie nucleari e fossili erano e sono molto più alte di tutte le forme di sostegno finanziario erogate a favore delle energie rinnovabili. Ma tende anche a nascondere il fatto che da tempo esistono possibilità di sfruttare le energie rinnovabili che non dipendono dalle sovvenzioni, ma solamente dall'eliminazione dei privilegi concessi alle energie nucleari e fossili.
<b>Legami con l'industria energetica</b>	La posizione e quindi l'influenza dell'industria energetica consolidata sarebbero tali da rendere il cambiamento energetico possibile solo in accordo con essa. Nonostante i grandi conflitti, si tratterebbe comunque di giungere ad un accordo. Questa premessa accetta il monopolio dell'industria energetica in tutti i settori di approvvigionamento, quasi fosse l'unica in grado di fornire energia all'umanità. Lo status dell'industria energetica ottiene così una "garanzia di eternità" concettuale, come se si trattasse di un organo insediato dalla Costituzione.
<b>Legami con i mercati energetici</b>	Poiché il trend generale prevederebbe la liberalizzazione dei mercati energetici, anche i programmi di incentivi per le energie rinnovabili dovrebbero essere orientati in questo senso. Questa premessa attribuisce al "mercato energetico" la priorità in tutte le altre decisioni. E non considera che la mobilitazione delle energie rinnovabili interessa in primo luogo i mercati delle tecnologie e solo in parte i mercati energetici.
<b>L'irrinunciabilità degli impegni contrattuali globali</b>	Poiché i problemi energetici possono essere globali, per ragioni di distribuzione degli oneri economici nella competizione internazionale, le soluzioni devono essere comuni, globali, stabilite contrattualmente e impegnative per tutti, con l'implicito obbligo di accettare gli inevitabili compromessi. In questo modo si trascura di nuovo l'utilità sociale delle energie rinnovabili. Questa premessa ignora che le vere innovazioni tecnologiche non sono mai nate da azioni contrattuali internazionali e che nulla indica che possano nascere da tali impegni. Essa conduce a concentrare l'attenzione dell'opinione pubblica e l'azione degli attori sulle conferenze internazionali (nonostante i risultati decisamente deludenti) ed a trascurare altre iniziative.
<b>L'impatto ambientale delle energie rinnovabili</b>	Anche l'utilizzo delle energie rinnovabili ha conseguenze sull'ambiente: la loro introduzione dovrebbe essere assoggettata a valutazioni di impatto ambientale, come per il nucleare ed il fossile. Tale premessa oscura le differenze sostanziali fra le distruzioni effettive e gli interventi relativamente marginali sull'ambiente, fra l'impatto ambientale reversibile ed irreversibile, o fra gli impianti energetici con o senza emissioni contaminanti, che però "ingombrano" il paesaggio.
<b>Il realismo politico dei piccoli passi</b>	Procedere a piccoli passi produrrebbe meno resistenze e sarebbe un approccio più facile da attuare; una linea realistica esigerebbe quindi di non "spaventare" la politica, l'economia e l'opinione pubblica con idee "avanzate". Tale premessa corrisponde ad una capitolazione davanti ai problemi reali: i piccoli passi non sarebbero sufficienti a risolvere i problemi causati a livello mondiale dal tradizionale modello di approvvigionamento nucleare e fossile.

Fonte: Rimodulazione da Scheer 2006

**Tabella 3 – Differenze elementari tra energia fossile/nucleare e rinnovabili**

<b>Descrizione</b>				
<b>Energia nucleare e fossile</b>	L'impiego di energia nucleare e fossile implica massicci interventi sull'ambiente con effetti pesanti sin dalla fase di estrazione fino alle emissioni in acqua e in atmosfera.	Le energie fossili sono esauribili; il loro utilizzo continuato deve quindi inevitabilmente condurre ad un aumento dei costi, a difficoltà ed a situazioni di emergenza nelle forniture.	Le riserve di energia nucleare e fossile sono presenti in un numero relativamente ridotto di regioni del mondo; il loro utilizzo richiede perciò delle lunghe catene internazionali di approvvigionamento. Ciò implica necessariamente un elevato impegno a livello di infrastrutture, conduce a forme di dipendenza e provoca conflitti economici, politici e guerre.	In ragione delle differenze citate le energie nucleari e fossili sono sempre più costose a livello di costi diretti ed indiretti.
<b>Energie rinnovabili</b>	Le energie rinnovabili non provocano conseguenze sull'ambiente con effetti dalla fase di estrazione fino alle emissioni in acqua e in atmosfera.	Solamente l'energia rinnovabile inesauribile assicura all'umanità intera un approvvigionamento energetico sicuro e duraturo.	Le energie rinnovabili sono invece energie naturali dell'ambiente che possono essere ricavate ovunque, con l'aiuto della tecnica e con molte meno infrastrutture.	Invece le energie rinnovabili che, ad eccezione della bioenergia, hanno costi di combustibile pari a zero, diventano sempre meno costose con il continuo progresso tecnologico, la produzione industriale di massa e le nuove applicazioni intelligenti.
<b>Ragione</b>	Ne risulta una <i>ragione ambientale</i> generale a favore delle energie rinnovabili, che supera il fattore della protezione del clima. Perfino se il problema climatico non esistesse resterebbero comunque solide ragioni ecologiche a favore delle rinnovabili.	Ne risulta la <i>ragione di una disponibilità energetica garantita e duratura</i> a favore delle energie rinnovabili.	Ne risulta la <i>ragione dell'efficienza macroeconomica, dell'indipendenza politica e della garanzia della pace</i> a favore delle energie rinnovabili.	Ne risultano <i>ragioni sociali ed economico-strategiche</i> a favore delle energie rinnovabili.

Fonte: Rimodulazione da Scheer 2006

La Spagna sta rendendo obbligatori gli impianti solari per tutti gli edifici. In molte città svedesi gli autobus funzionano con biocarburanti. Entro il 2020 la California intende coprire un terzo del suo fabbisogno energetico con le rinnovabili. Ma il “decollo” delle rinnovabili è limitato a pochi paesi. L’86% dei generatori eolici è installato in soli cinque paesi (Germania, USA, Danimarca, Spagna, India). Il 70% degli impianti fotovoltaici è installato in Germania ed in Giappone e, fatta eccezione per l’idroelettrico, l’utilizzo delle fonti rinnovabili si muove a “piccoli passi”.

L’impegno dei principali gruppi mondiali viene sopravvalutato. Nel 2003 la BP aveva un fatturato di 233 miliardi di dollari e la quota di BP Solar non superava lo 0,14%; anche per la Shell, con un fatturato di 269 miliardi di dollari, la percentuale di Shell Solar è pari solo allo 0,11% (Scheer, 2006).

La politica a favore delle rinnovabili è stata ostacolata da sempre, soprattutto negli Stati Uniti dove, negli ultimi anni, sembra essere diventata una “moda” per l’élite. Non sembra esservi alcuna strategia politica che incentivi le rinnovabili, così come per altri settori (infrastrutture, tecnologie informatiche, nucleare).

### ***3.1. Il mercato dell’energia elettrica***

Dopo la fine del secondo conflitto mondiale l’Europa incrementa la domanda di energia elettrica. Crescono, sia le dimensioni unitarie degli impianti di generazione, sia le tensioni delle linee per la trasmissione e la distribuzione dell’energia prodotta.

La tendenza è orientata alla nazionalizzazione dell’industria elettrica. L’Italia segue le orme con la legge del 6 dicembre 1962, che ha dato vita all’Ente nazionale per l’energia elettrica (Enel), una struttura creata ad hoc per la gestione, da parte dello stato, del sistema elettrico, che, con una transizione graduale, volge alla nazionalizzazione del sistema stesso.

La scelta di nazionalizzare rimane, però, circoscritta soltanto ad alcuni dei principali paesi europei (non coinvolge, in particolare, la

Germania) e non ha avuto alcuna influenza in USA, dove l'unica esperienza su larga scala di presenza pubblica nel settore risale agli anni '30, nel quadro del programma rooseveltiano di superamento della grande depressione, con la Tennessee Valley Authority (Tva), istituita dall'amministrazione federale nel 1933. Sorta per sfruttare l'energia idrica del fiume Tennessee e dei suoi affluenti, la Tva ha successivamente esteso la propria capacità produttiva, realizzando impianti sia termici sia nucleari. Caratteristica della Tva è stata fin dall'inizio quella di non impegnarsi nella distribuzione, bensì di vendere l'energia elettrica a circa 150 aziende locali, cooperative o municipalizzate.

Il sistema di soddisfacimento della domanda è avvenuto in modo non pianificato a priori, ma essenzialmente per approssimazioni successive: dai singoli generatori connessi a una o poche utenze si è passati a una vera e propria rete. Si sono affrontati i problemi posti dalla progressiva diversificazione delle utenze sempre per step successivi (dai fabbisogni dell'industria, a quelli per seconde abitazioni, agli uffici). Caratteristiche diverse delle utenze determinano una domanda di potenza variabile nel tempo. Purtroppo, l'energia elettrica, accanto a tanti vantaggi, presenta un grosso inconveniente. Fatta eccezione degli impianti di pompaggio, essa è difficilmente immagazzinabile se non su piccola scala con batterie che alimentano tanti apparecchi di uso quotidiano e l'accensione degli autoveicoli.

Questo limite impone di produrre quasi tutta l'energia elettrica nel momento in cui viene richiesta e di disporre in ogni istante della potenza necessaria per far fronte a una domanda tutt'altro che costante nel tempo, poiché essa cambia durante l'arco delle 24 ore, ma anche nel corso della settimana e con il variare delle stagioni.

Pertanto è necessario avere installata una potenza complessiva che soddisfi la domanda massima annuale e tenga anche conto della quota di potenza non disponibile per ristrutturazione di impianti, manutenzione, guasti o altre cause come, ad esempio, bacini idroelettrici solo parzialmente ricolmi a causa di scarse precipitazioni o di precedente utilizzo dell'acqua raccolta nell'invaso; innalzamento

estivo della temperatura dell'acqua di raffreddamento ai condensatori degli impianti termoelettrici, che ne diminuisce il rendimento. Orientativamente si è, di norma, garantiti se la potenza installata è di circa il 10-15% superiore alla domanda massima.

I singoli impianti vengono fatti entrare in servizio considerando il costo marginale e la loro localizzazione rispetto alla domanda. Viceversa, in un sistema elettrico liberalizzato, il criterio con cui si fanno entrare in servizio i singoli impianti dovrebbe essere quello del prezzo dell'energia offerta. Funzionano più a lungo le unità con i prezzi più bassi, che, in teoria, dovrebbero essere anche quelle a costi più bassi, anche se, in una logica competitiva, ciò non è affatto scontato, con il risultato di favorire scambi massimi tra sottosistemi con costi marginali diversi. Tuttavia quello elettrico è un mercato condizionato da vincoli normativi, a cui se ne possono aggiungere altri di tipo contrattuale.

Nel caso italiano, data l'assenza di impianti nucleari e lo scarso contributo del carbone, per soddisfare il fabbisogno nelle 24 ore di un giorno feriale del periodo invernale, la potenza di base è fornita da impianti geotermici ed idrici ad acqua fluente, che presentano un costo marginale quasi nullo, in quanto la fonte di energia è, in entrambi i casi, "gratuita". Va poi considerata la potenza contrattualmente impegnata di impianti esteri. La gran parte dell'energia proviene da impianti termoelettrici, che bruciano carbone, olio combustibile o gas naturale. Avvicinandosi alle punte di picco entra in servizio la produzione idroelettrica derivante da acqua accumulata in invasi.

Le nuove tecnologie per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili di energia destano grande interesse perché, la loro disponibilità, dipende essenzialmente dal flusso della radiazione solare, che è circa 15.000 volte superiore all'attuale consumo energetico mondiale. Esse non hanno emissioni di inquinanti chimici e di anidride carbonica.

L'energia proveniente dal sole si manifesta per il 66,55% sotto forma di calore sensibile, sfruttabile dai collettori solari o da pannelli fotovoltaici. Per il 33,2% come energia potenziale già utilizzata, in misura significativa, dagli impianti idroelettrici. Per lo 0,2% come

energia cinetica sfruttabile da generatori eolici o da impianti atti a imbrigliare il moto ondoso. La parte residua contribuisce, essenzialmente, alla fotosintesi clorofilliana, cioè alla produzione di biomasse, il cui uso energetico risale alla scoperta del fuoco (Zorzoli, 2005).

Le modalità che consentono di contenere la domanda di energia a parità di servizio reso all'utente presuppongono delle motivazioni a favore di un uso razionale dell'energia elettrica:

- ridurre i consumi di fonti energetiche non rinnovabili: attraverso politiche di uso razionale dell'energia;
- evitare la costruzione di nuovi impianti di generazione o, come si è verificato in Italia, supplire almeno in parte al loro numero insufficiente;
- ridurre l'impatto ambientale.

L'ultima motivazione è quella oggi dominante a livello internazionale. L'obiettivo di una maggiore efficienza energetica può essere conseguito sia aumentando il rendimento della generazione elettrica, sia riducendo le perdite di trasporto e distribuzione, sia con interventi che incentivino un uso più razionale dell'energia da parte dell'utente.

Quando si parla di politiche per un uso razionale dell'energia si fa, in genere, riferimento ad interventi aggiuntivi rispetto agli incrementi di efficienza indotti dall'evoluzione delle tecnologie e delle modalità di esercizio degli impianti, perseguiti, fin dagli albori dell'era elettrica, al fine di contenere i costi.

#### **4. Economia ambientale ed economia ecologica: approcci allo sviluppo**

La crescita della popolazione mondiale e delle attività economiche causano problemi ambientali in tutti i sistemi socio-economici. È diffuso un generale consenso scientifico che problemi come l'effetto serra e relativi cambiamenti climatici, l'assottigliamento dello strato d'ozono, le piogge acide, la perdita di biodiversità, gli inquinamenti

tossici e l'esaurimento delle fonti rinnovabili e non rinnovabili siano chiari segni dell'insostenibilità ambientale. Fino agli anni settanta gli economisti tradizionali neo-classici analizzano i processi di formazione dei prezzi considerando il sistema economico come un sistema chiuso e le imprese vendono beni e servizi remunerando i fattori produttivi (terra, lavoro, capitale). In seguito si innesca il dibattito sui "limiti allo sviluppo (Meadows, 1972) e l'economia viene vista come un sistema aperto che, per funzionare, deve estrarre risorse dall'ambiente ed eliminare una gran quantità di rifiuti gettandoli nell'ambiente stesso (Ayres e Kneese, 1969).

L'attività economica, come ogni attività umana, si svolge all'interno dell'ambiente naturale. Tra sistema economico ed ambiente naturale si determina, quindi, una relazione di interdipendenza dalla quale derivano sia il modo con cui il sistema economico influisce sull'ambiente, sia i limiti che l'ambiente pone all'evoluzione e all'espansione del sistema economico. Pertanto il nostro sistema economico non può funzionare senza il supporto del sistema ecologico e delle sue interrelazioni.

La funzione di supporto alla vita degli economisti è connessa con il ruolo fisico, chimico e biologico nel sistema globale. Gli ecosistemi possono essere divisi in tre categorie:

- ambienti naturali o ecosistemi naturali alimentati dal sole (oceani aperti, zona umida, foreste pluviali);
- ambienti civilizzati o ecosistemi in cui il "sole" è stato sostituito dall'uomo (terre coltivate, acquicoltura, terreni boscosi);
- ambienti artificiali o sistemi urbani e industriali alimentati da combustibile (città aree industriali, aeroporti).

L'economia dell'ambiente vede l'economia reale come un sistema aperto che, per funzionare, deve estrarre risorse (materie prime e combustibili) dall'ambiente, trasformarle in prodotti finiti destinati al consumo e ricollocare nell'ambiente le "risorse consumate" (rifiuti). Questa prospettiva di bilancio dei materiali implica che quanto maggiore è il quantitativo di risorse consumate, altrettanto lo è la produzione di rifiuti che comportano, necessariamente, una pressione

forte sulle limitate capacità dell'ambiente di riciclare i rifiuti senza danni agli uomini, alla flora ed alla fauna (Turner et al., 2002).

I limiti ambientali devono tenere conto, secondo tale approccio, delle leggi della termodinamica sulla conservazione della materia. Secondo la prima legge della termodinamica la materia non può essere né aumentata né distrutta, ma solo trasformata<sup>1</sup>. I processi di trasformazione della materia, che avvengono nel sistema economico implicano l'uso di energia, definita "capacità di compiere lavoro". La prima legge della termodinamica afferma che anche l'energia, come la materia, non può essere né creata né distrutta, può solo essere trasformata, convertita da una forma all'altra.

La seconda legge della termodinamica enuncia che in ogni trasformazione energetica una parte dell'energia viene dispersa in una forma non più utilizzabile per compiere ulteriore lavoro con una perdita di efficienza energetica ed aumento del grado di dispersione o disordine dell'energia trasformata. È aumentata l'"entropia", una misura di energia non più disponibile. Tuttavia l'ambiente riceve continuamente energia dall'esterno sotto forma di radiazione solare che rende possibile ogni forma di vita. Di conseguenza, la possibilità di immettere nel pianeta nuova energia è limitata da quel flusso di apporto esterno e dalla nostra capacità di sfruttarlo e richiede esso stesso uso di energia.

La relazione tra entropia ed economia è ben sintetizzata dalla "clessidra dell'entropia" (Georgescu-Roegen, 2003): un sistema isolato in cui la sabbia non entra e non esce.

L'ambiente (fig. 2) costituisce una base di risorse essenziale per il funzionamento del sistema economico, poiché queste sono disponibili in quantità "limitate" si possono definire "risorse economiche"<sup>2</sup>. Esse si suddividono in:

1. I flussi materiali che vanno dall'ambiente al sistema economico sono esattamente uguali a quelli che ritornano dal sistema economico all'ambiente; il processo economico non può far altro che trasformare la materia estratta dall'ambiente per restituire alla fine la stessa materia all'ambiente sotto forma di rifiuti.

2. L'economia è stata definita come la disciplina che studia i comportamenti individuali e le relazioni sociali che determinano come vengono impiegate risorse scarse tra usi alternativi. La scarsità delle risorse, cioè il fatto che esse siano utili ed, al tempo stesso, disponibili in quantità limitata rispetto alla richiesta, è la condizione perché si possa parlare di risorse economiche. L'ambiente, e la natura in generale, forniscono per definizione, un insieme di risorse

- *risorse rinnovabili* (suoli, acqua, foreste, ecc.), il cui tasso sostenibile di sfruttamento non può essere maggiore del tasso di rigenerazione della loro sorgente;
- *risorse non rinnovabili* (combustibili fossili, giacimenti minerali ecc.), il cui tasso sostenibile di utilizzo non può essere maggiore del tasso al quale può essere impiegata, sostenibilmente, al suo posto, una risorsa rinnovabile.

Ad esse va aggiunto l'*agente inquinante*, il cui tasso sostenibile di emissione non può essere maggiore del tasso al quale quell'agente può essere riciclato, assorbito o reso inoffensivo.

**Figura 2 – Interrelazioni tra tipologie di capitale**



Fonte: Casoni e Polidori, 2002

Relativamente all'ambiente, il termine economico non si riferisce soltanto, come comunemente accade, alla "circolazione di denaro" ma anche e soprattutto ai "mutamenti di benessere" e, pertanto, fa riferimento alle diverse forme di "capitale" la cui definizione tradizionale è quella di ricchezza accumulata sotto forma di

economiche. Sono infatti risorse scarse, perché, dalle leggi della termodinamica l'ambiente è "finito" e le risorse ambientali non possono essere riprodotte in maniera illimitata dall'attività umana a causa della limitata disponibilità di energia (Musu, 2003).

investimenti, fabbriche ed impianti. Altrimenti, il capitalismo naturale fornisce una nuova definizione, che riconosce l'interdipendenza tra produzione e consumo del capitale creato dall'uomo e conservazione ed utilizzo di quello naturale.

Il capitalismo industriale è un'aberrazione dello sviluppo umano, finanziariamente vantaggioso ma non sostenibile. Il capitalismo naturale e la possibilità di un nuovo sistema industriale sono basati su una gamma di valori molto diversi rispetto a quelli del capitalismo tradizionale, i cui assunti fondamentali possono essere sintetizzati (Hawken e Lovins, 2001):

- l'ambiente non è un fattore produttivo minore, ma l'involucro che contiene, rifornisce e sostiene l'intera economia;
- il fattore limitante dell'economia futura è la disponibilità ed il funzionamento del capitale naturale ed in particolare di quei servizi che consentono la vita, che non hanno sostituti e che oggi non hanno valore di mercato;
- i sistemi produttivi mal progettati o mal concepiti, la crescita di popolazione ed i modelli di consumo che generano rifiuti sono le cause prime della perdita di capitale naturale e devono essere rianalizzati nel loro insieme per il raggiungimento di un'economia sostenibile;
- il futuro progresso potrà verificarsi al meglio all'interno di sistemi di produzione e di distribuzione democratici, che valutino per intero tutte le forme di capitale;
- un migliore utilizzo di persone, denaro ed ambiente comporta un radicale miglioramento nella produttività delle risorse;
- il benessere degli uomini può essere migliorato se si migliora il flusso dei servizi forniti, non soltanto il flusso totale di denaro;
- la sostenibilità economica ed ambientale dipendono dal riequilibrio delle iniquità di reddito e di benessere materiale;
- lo scenario preferibile nel lungo periodo per lo sviluppo produttivo ed industriale è fornito da sistemi di governance realmente democratici, basati sui bisogni delle persone e non degli affari.

Il capitale naturale può essere definito come la somma totale dei sistemi ecologici che sostengono la vita. Si differenzia dal capitale costruito dall'uomo in quanto non può essere il prodotto dell'attività umana. Il deterioramento dell'ambiente naturale, il degrado sociale e lo scarso impegno nella gestione del benessere sociale hanno, quale causa comune, lo spreco di risorse, secondo una logica rispetto alla quale si utilizzano le stesse per rendere più produttivi pochi individui. Se la crescita del capitale prodotto dall'uomo comporta perdita di capitale naturale, andrebbero considerati indicatori economici e sociali per descrivere e misurare il fenomeno. Continuando a rapportare la "crescita" al Prodotto Interno Lordo (Pil), il più delle volte in aumento, non viene considerata la "crescita netta", che comporta miglioramento della qualità della vita, del tempo libero, incremento degli stipendi, delle infrastrutture, della sicurezza anche economica. Pertanto il Pil viene troppo spesso considerato come il miglior indicatore per misurare l'economia nazionale ed il benessere. Ma se l'esaurimento delle risorse ed il degrado sono fattori nei *trends* economici, il Pil stesso, per quanto riguarda le questioni ambientali, è limitante perché non dà alcun valore alla distruzione ed al degrado ambientale e, di conseguenza, neanche alle risorse naturali.

L'attività economica, come ogni attività umana, si svolge all'interno dell'ambiente naturale. Tra quest'ultimo ed il sistema economico si determina quindi una relazione di interdipendenza dalla quale derivano sia il modo con cui il sistema economico influisce sull'ambiente, sia i limiti che l'ambiente stesso pone all'evoluzione ed all'espansione del sistema economico. Pertanto il nostro sistema economico non può funzionare senza il supporto del sistema ecologico e delle sue interrelazioni (mentre non è vero il contrario).

Il sistema economico, per funzionare correttamente, necessita di quattro tipi di capitale (Hawken e Lovins, 2001):

- umano, costituito da forza lavoro, patrimonio intellettuale, cultura ed organizzazione;
- finanziario, consistente in denaro liquido, investimenti e strumenti monetari;

- immobilizzato, comprendente infrastrutture, fabbriche, macchinari e strumenti;
- naturale, fatto di materie prime, sistemi viventi e funzioni da questi svolte.

La ricerca segue un percorso che, a partire dall'approccio allo sviluppo dell'economia ambientale, perviene all'economia ecologica tentando di considerarne alcune questioni. La prima è legata sicuramente al capitale naturale. La definizione tradizionale di capitale è quella di ricchezza accumulata sotto forma di investimenti, fabbriche ed impianti. Il capitalismo naturale fornisce invece una nuova definizione che riconosce l'interdipendenza tra produzione/consumo del capitale creato dall'uomo e conservazione/utilizzo di quello naturale. Il capitale naturale può essere definito come la somma totale dei sistemi ecologici che sostengono la vita e si differenzia dal capitale costruito dall'uomo in quanto non può, appunto, essere il prodotto dell'attività umana. È facile dimenticarlo perché si vive al suo interno e solo quando le funzioni degli ecosistemi sono evidentemente alterate che ci si accorge degli eventuali problemi. La sensazione è che ci si trova ad un bivio: i limiti della prosperità non derivano da carenza di capitale prodotto dall'uomo, ma da penuria di capitale naturale. I cosiddetti "fattori limitanti" impediscono ad un sistema di sopravvivere o accrescersi e nessuno di essi può compensare la mancanza di altri.

A partire dal principio di sostituibilità del capitale, proprio dell'economia neo-classica, si giunge alla consapevolezza dell'impossibilità della "sostituzione". Dunque, se l'economia incontra fattori limitanti per lo sviluppo la risposta è, solitamente, una ristrutturazione della stessa. Ad esempio: i paesi industrializzati possono continuare a crescere massimizzando la produttività ed aumentando la disponibilità del fattore limitante, spesso a danno della collettività<sup>3</sup>. Se il capitale naturale sta diventando un fattore limitante, vanno cambiati i modelli di consumo e produzione per tentare di massimizzare la sua produttività.

3. La mancanza di manodopera è stata risolta con la schiavitù: in seguito con l'immigrazione e la sostituzione delle macchine all'uomo. Il problema dell'energia arginato con la scoperta e l'estrazione di carbone, gas, petrolio.

L'economia ambientale può essere considerata come una particolare specializzazione dell'economia neo-classica che studia due questioni fondamentali: le esternalità ambientali e la gestione delle risorse naturali, in particolare, l'allocazione intergenerazionale ottimale delle risorse non rinnovabili. Le decisioni razionali vengono prese riducendo le diverse componenti in termini monetari o unidimensionali (assunzione di completa commensurabilità). Gli economisti neo-classici hanno una visione del tutto ottimista del progresso tecnologico e della crescita economica e concordano che le tecnologie produttive di un'economia possono, potenzialmente, creare aumenti di produzione nella stessa misura degli aumenti di fattori produttivi. La produzione trova un vincolo nei limitati approvvigionamenti di risorse, ma questi possono essere superati dal progresso tecnologico: se il tasso di quest'ultimo è abbastanza alto da controbilanciare il declino della quantità di servizi delle risorse naturali pro capite, la produzione per lavoratore potrebbe aumentare illimitatamente. L'affermazione interessante, dunque, riguarda la "sostituibilità" del capitale, per cui, anche in assenza di progresso tecnologico, le risorse esauribili non costituiscono un problema fondamentale se il capitale artificiale riproducibile è sufficiente alle risorse naturali.

Il concetto di sostituire il capitale naturale con maggiore quantità di capitale artificiale produttivo non considera che, se il capitale si svaluta in proporzione costante e le risorse esauribili sono indispensabili, il consumo dovrebbe portare a zero il capitale stesso, supponendo che non ci siano cambiamenti tecnologici. Il capitale artificiale non è indipendente dal capitale naturale poiché le risorse sono richieste per costruire i beni capitali. L'idea della sostituzione potrebbe essere mantenuta se dimostrassimo che l'extra produttività in chilometri (km) (capitale artificiale) supera le risorse naturali extra, che vengono utilizzate nella produzione di km. Questo, però, non è ovvio. Inoltre un limite alla sostituibilità tra capitale naturale e capitale artificiale è che il capitale naturale ha la caratteristica della multifunzionalità, tutte le funzioni di supporto alla vita, qualità non condivisa dal capitale artificiale (Turner et al., 2002).

Il cosiddetto concetto di “sostenibilità debole” comporta che si possa accettare la perdita di ambiente purché questa si bilanci aumentando lo stock di strade, macchinari, o altro capitale artificiale. Allo stesso tempo si possono avere meno strade e fabbriche purché vengano compensate da più foreste o più istruzione. La sostenibilità debole è basata su un’assunzione molto forte: la perfetta sostituibilità tra le diverse forme di capitale, così tutte le critiche presentate sopra sono applicabili anche a questo.

La sostenibilità debole implica l’opportunità di lasciare alle generazioni future un capitale non inferiore a quello utilizzato dalle generazioni presenti, limitando la definizione di equità intergenerazionale ad un livello di non diminuzione dei consumi pro capite.

I nessi tra ecosistema e sistema economico sono il punto centrale dell’economia ecologica. La crescente consapevolezza che il sistema che sostiene la nostra vita ecologica globale è in pericolo, ci costringe a capire che le scelte fatte sulla base di criteri locali, ristretti, di breve termine, possono produrre, nel lungo periodo, disastrosi risultati globali. Sta diventando consapevolezza diffusa che i modelli economici ed ecologici tradizionali non sono in grado di affrontare completamente i problemi ecologici globali. L’*economia ecologica* è un nuovo campo di studi trans-disciplinare, che affronta la relazione tra ecosistema e sistema economico nel senso più ampio. L’economia ecologica differisce da entrambe, economia ed ecologia convenzionale, per l’ampiezza della sua percezione dei problemi, e l’importanza che assegna all’interazione ambiente-economia (Costanza, 1997).

#### ***4.1. Sviluppo sostenibile e risorse: alcune questioni***

Il degrado dell’ambiente naturale e le modificazioni del clima sono direttamente legate alle attività dell’uomo. La necessità di rimettere in discussione il modello economico dei paesi industrializzati ed affermare il bisogno di porre in relazione la protezione della natura e lo sviluppo economico inizia durante gli anni settanta, affermandosi nel

1987 con l'introduzione del concetto di "sviluppo sostenibile" (Brundtland, 1987) e nel 1992 dove al summit di Rio de Janeiro i capi di stato presenti si sono impegnati a cercare insieme nuove strategie per "uno sviluppo che risponda ai bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di far fronte ai propri" (Gauzin – Müller, 2003). Tale concetto si basa essenzialmente su tre principi: la valutazione del ciclo di vita dei materiali, lo sviluppo dell'uso delle materie prime e delle energie rinnovabili, la riduzione delle quantità di materia e di energia utilizzate durante tutto il ciclo di vita dei prodotti. Il summit di Rio de Janeiro, che ha avuto un'impostazione sociale e culturale teorica e di principio, è stato seguito da quello di Kyoto (1996) che ha dato un taglio più operativo proponendo una riduzione del consumo di energia e delle emissioni di carbonio e la sostituzione delle energie da fonti fossili con quelle da fonti energetiche rinnovabili. Nonostante il "fallimento" degli obiettivi proposti nel protocollo di Kyoto, a causa delle divergenze tra paesi europei e Stati Uniti, il movimento ecologista, nato negli anni sessanta come rifiuto degli eccessi della società dei consumi, promuove, negli anni ottanta, una strategia di conservazione della natura, di salvaguardia della qualità della vita e di lotta all'esclusione sociale, ottenendo, negli anni novanta, un riconoscimento politico a livello comunale, regionale e nazionale in molti paesi europei.

Il concetto di sviluppo sostenibile esprime una presa di coscienza dei rischi ambientali, ma è anche il progetto di una società che cerca di conciliare criteri ecologici, economici e sociali. La sua applicazione esige il rispetto dei grandi principi del diritto ambientale:

- precauzione;
- prevenzione;
- correzione dei problemi alla fonte;
- "chi inquina paga";
- impiego delle migliori tecniche disponibili.

La proposta è quella di provare a raddoppiare le risorse disponibili utilizzando due volte meno risorse naturali ed aumentando, in modo sensibile, la qualità della vita, nonché ottimizzare le tecnologie esistenti

per realizzare in modo più efficiente i prodotti di consumo quotidiano (fabbricare automobili che consumino poco, costruire edifici che siano più confortevoli e meno energivori, ridurre il consumo di energia, di acqua potabile, la produzione di rifiuti, l'inquinamento dell'atmosfera e delle acque) (Gauzin – Müller, 2003).

La scarsità delle risorse, l'inquinamento atmosferico, il problema dello smaltimento dei rifiuti, solo per citare alcune questioni, hanno portato alcuni Stati a rendersi conto della fragilità dell'ambiente, inducendoli ad adottare provvedimenti per la sua salvaguardia. Le politiche ambientali non sono necessariamente in contrasto con lo sviluppo economico. Anzi, la creazione di ricchezza può essere compatibile con l'attenuazione della pressione su ambiente e quindi territorio e risorse.

La sfida posta dallo sviluppo sostenibile richiede che la politica ambientale consideri gli equilibri ecosistemici, la limitata disponibilità delle risorse e le condizioni economiche e sociali.

Alcune risorse naturali che si presentano sotto forma di materia, come i minerali ed i combustibili fossili, sono disponibili in stock finiti e di essi si può soltanto definire il sistema ottimale per il loro sfruttamento fino all'esaurimento. Tali risorse naturali vengono definite esauribili o non rinnovabili e per esse il "tasso corrente" di estrazione influisce sulla quantità che potrebbe essere prodotta in futuro.

Questo dipende dal comportamento del proprietario-investitore che, potrebbe decidere di rinviare l'estrazione delle risorse non rinnovabili, se per il futuro fosse previsto un aumento del prezzo della risorsa (maggiore importanza al futuro e conservazione delle risorse). Tuttavia, se i tassi di interesse correnti versati su investimenti finanziari aumentassero, il proprietario sarebbe incentivato ad investire i proventi dell'attività estrattiva per incassare tassi di interesse superiori.

I profitti presenti assumono perciò più importanza di quelli futuri. Lo sconto riflette il fatto che tendiamo a considerare costi e vantaggi futuri meno importanti di quelli presenti, pertanto il tasso di sconto diventa fondamentale nel determinare il tasso di impiego delle risorse.

Rispetto a determinate condizioni il rendimento di una risorsa, ad esempio il prezzo netto dei costi di estrazione, diminuisce nel tempo ad un tasso percentuale pari al tasso di sconto del proprietario della risorsa stessa. Il mutamento dei tassi di interesse, nella realtà, influirà non solo sul valore dei guadagni, ma anche sul livello di sforzo che l'industria estrattiva compirà nell'esplorazione e nello sviluppo di nuove sedi di prelievo. Esso influenzerà anche l'investimento di nuove apparecchiature, sia nei giacimenti già in attività, sia in quelli nuovi. Possono dunque emergere una serie di forze che agiscono in direzione opposta all'aumento dei tassi di estrazione dei depositi conosciuti (Turner et al., 2002).

Altre risorse naturali, come la qualità dell'aria e dell'acqua, le foreste e le popolazioni animali, anche se vengono sfruttate, possono essere ricostituite dai cicli naturali e perciò definite risorse ambientali rigenerabili.

I sistemi naturali sono patrimoni multifunzionali in grado di fornire all'uomo servizi di valore economico (Turner et al., 2002):

- una base di risorse naturali (rinnovabili e non rinnovabili);
- un insieme di beni naturali (risorse di paesaggio e svago);
- una capacità di assimilazione di rifiuti;
- un sistema di sostegno alla vita.

Se le risorse ambientali diventano più scarse, l'analisi economica può essere utile nell'individuare strategie volte a mitigare alcune conseguenze del processo di funzionamento dell'economia. Bisognerà, dunque, trovare un equilibrio tra gli interessi di chi desidera usare al presente e direttamente le risorse e coloro che ne vogliono godere in maniera indiretta preservandole per il futuro, bilanciando, inoltre, i bisogni della generazione attuale con quelle future. Pertanto lo stock di capitale naturale andrebbe mantenuto costante:

- la quantità fisica dello stock di risorse naturali non dovrebbe cambiare;
- il valore totale dello stock naturale dovrebbe rimanere costante;
- il valore unitario dei servizi delle risorse naturali, misurate dai prezzi delle risorse naturali dovrebbe rimanere costante;

- il valore delle risorse che fluiscono dagli stock di risorse naturali dovrebbe rimanere costante;
- i flussi di risorse sono il prodotto dei prezzi delle quantità utilizzate, è possibile permettere alla quantità di diminuire, ma al prezzo di aumentare, mantenendo il valore costante.

Misurare il capitale naturale soltanto in termini fisici è difficile perché comporta il confronto di quantità fisiche diverse espresse in unità di misura differenti. Neanche lo si può valutare in termini monetari poiché molte risorse naturali non hanno prezzi rilevabili e andrebbero, pertanto, considerati prezzi impliciti o prezzi ombra. Anche i prezzi esistenti potrebbero non essere utili perché soggetti ad imperfezioni del mercato o potrebbero escludere le esternalità coinvolte nella produzione e nell'utilizzo delle risorse.

Pertanto non soltanto il mercato è in grado di determinare il valore di beni ambientali e soprattutto le valutazioni non dovrebbero necessariamente essere riducibili ad una singola dimensione standard (Funtowicz e Ravetz, 1994).

#### ***4.2. I limiti allo sviluppo***

Il concetto di sviluppo sostenibile, seppure “istituzionalizzato” resta vago in quanto la sua applicazione presuppone un’inversione di tendenza nella visione umana del rapporto tra le attività “economiche” degli esseri umani e del mondo naturale: un ecosistema è finito, non crescente e materialmente chiuso. Pertanto i livelli di tali attività devono mantenersi nei termini di rigenerazione degli input delle materie prime e grado di assorbimento degli output di rifiuti. Tale cambiamento sostituisce il modello economico dello sviluppo quantitativo (crescita) con quello del miglioramento qualitativo (sviluppo) (Daly, 2001).

L’economia dello sviluppo sostenibile passa dall’economia della crescita ad una cosiddetta *economia dello stato stazionario* (Ess) (Daly, 2001) in cui le risorse che concorrono alla produzione sono costanti, sebbene l’allocazione tra usi alternativi in risposta al mercato sia

possibile. Una Ess si può “sviluppare”, ma non può “crescere”, perché è un sottoinsieme del sistema ecologico. Pertanto i limiti allo sviluppo economico si possono sintetizzare nelle limitate capacità degli ambienti naturali di ricevere i rifiuti generati dai sistemi economici e nella disponibilità altrettanto limitata delle risorse esauribili (Turner et al., 2002). L’interazione tra aumento della popolazione, crescita economica, disponibilità di risorse naturali e la capacità di assorbimento è considerata, da molti ambientalisti, la ragione per cui lo “sviluppo” va frenato.

Ma tali limiti potrebbero essere superati attraverso alcune significative considerazioni (Turner et al., 2002):

- l’evoluzione tecnologica permette di sviluppare un’attività economica elevata da una determinata quantità di risorse;
- l’idea di una quantità fissa di risorse è al momento illusoria in quanto vengono scoperti di continuo nuovi giacimenti;
- il quantitativo di rifiuti immessi nell’ambiente attraverso il riciclo dei materiali può essere controllato;
- le tecnologie inquinanti possono essere sostituite da quelle meno dannose;
- la scarsità delle risorse implica un loro aumento di prezzo inducendone un uso più attento (*conservazione*) o il passaggio ad altre (*sostituzione*). Questo principio è valido per le risorse il cui prezzo viene stabilito dal mercato;
- la crescita demografica che, in alcuni paesi, sta rallentando.

La questione che accomuna le due “apparentemente opposte” scuole di pensiero riguarda dunque gli approcci con cui superare i cosiddetti “limiti”. Nel primo caso, punto di vista “ecocentrico”, è previsto un approccio “minimalista” con uso sostenibile dei beni naturali. Il pensiero “tecnocentrico” ritiene che una strategia di lungo periodo di sviluppo economico sostenibile dipende da un adeguato livello di spesa per gli investimenti, basandosi sull’assunto che esiste un alto grado di *sostituibilità* tra tutte le forme di capitale (fisico, umano, naturale) (tab. 4).

**Tabella 4 – Posizioni sull'ambiente**

	Tecnocentrico		Ecocentrico	
	Dell'abbondanza	Accomodante	Comunitario	Ecologia radicale
<b>Caratteristiche verdi</b>	Sfruttamento delle risorse, posizione orientata allo sviluppo	Posizione di gestione e di conservazione delle risorse	Posizione di salvaguardia delle risorse	Posizione di preservazione estrema
<b>Tipo di economia</b>	Economia anti-verde, mercati liberi e non vincolati	Economia verde, mercati verdi guidati da strumenti di incentivazione economica (Sie) (ad esempio tasse sull'inquinamento)	Economia profondamente verde, di stato stazionario, regolata da norme macroambientali e integrata al Sie	Economia rigorosamente verde, rigidamente vincolata per ridurre al minimo il prelievo di risorse
<b>Strategie di gestione</b>	Obiettivo primario di politica economica: massimizzare la crescita economica (Pil). Considera un assioma che mercati liberi e non vincolati, uniti al progresso tecnico, assicureranno capacità di sostituzione infinite che saranno in grado di mitigare tutti i vincoli derivanti da "scarsità/limiti" (fonti e discariche ambientali)	Crescita economica modificata (sistema contabile verde modificato per misurare il Pil). Il distacco è importante ma si rifiuta una sostituzione infinita. Regole di sostenibilità: regola del capitale costante. Dunque alcune modifiche di scala sono necessarie	Crescita economica nulla; crescita della popolazione nulla. Separazione e nessun aumento di scala. Punto di vista sul sistema: molto importante la salute dell'intero ecosistema; ipotesi di Gaia e sue implicazioni	Riduzione della scala di economia e della popolazione. È imperativa una riduzione di scala; per alcuni vale addirittura un'interpretazione letterale di Gaia come un agente personalizzato cui sono dovuti obblighi morali
<b>Etica</b>	Sostegno al ragionamento etico tradizionale: diritti ed interessi degli esseri umani contemporanei; la natura ha un valore strumentale (il valore cioè riconosciuto per gli uomini)	Estensione del ragionamento etico: "tema della preoccupazione per gli altri" – equità intergenerazionale ed intragenerazionale (nei riguardi cioè degli esseri umani, del futuro e di quelli poveri di oggi); la natura ha un valore strumentale	Ulteriore estensione del ragionamento etico: gli interessi collettivi hanno la precedenza su quelli degli individui; gli ecosistemi hanno un valore primario; la componente funzioni e servizi un valore secondario	Accettazione della bioetica (cioè dei diritti/interessi morali non umane e persino alle parti abiotiche dell'ambiente); la natura ha un valore intrinseco (cioè ha valore in sé, indipendentemente dall'esperienza umana)
<b>Caratteristiche di sostenibilità</b>	Sostenibilità molto debole	Sostenibilità debole	Sostenibilità forte	Sostenibilità molto forte

Fonte: Rimodulazione da Scheer, 2006

L'attuale sistema economico sembra essere molto efficiente nell'uso di risorse caratterizzate da un prezzo e meno verso quelle che invece non lo hanno, ad esempio, risorse ambientali, dando origine ai fallimenti del mercato, le cosiddette esternalità che comportano "costi

esterni” per la collettività. La presenza delle esternalità implica l’inspiegabilità, per il mercato, di alcuni fenomeni a cui tenta di dare una collocazione attraverso la loro “internalizzazione”.

I limiti della prosperità non derivano da carenza di capitale prodotto dall’uomo, ma da penuria di capitale naturale. I cosiddetti “fattori limitanti” impediscono ad un sistema di sopravvivere o accrescersi e nessuno di essi può compensare la mancanza di altri. La consapevolezza dell’impossibilità della “sostituzione” causa diverse reazioni da parte di scienziati ed economisti (Daly, 2001).

Se l’economia incontra fattori limitanti per lo sviluppo la risposta è, solitamente, una ristrutturazione della stessa. Ad esempio i paesi industrializzati possono continuare a crescere massimizzando la produttività ed aumentando la disponibilità del fattore limitante, spesso a danno della collettività<sup>4</sup>. Ma se il capitale naturale sta diventando un fattore limitante, vanno cambiati i modelli di consumo e produzione per tentare di massimizzare la sua produttività.

Quando cambia il fattore limitante, ciò che prima era economico diventa anti-economico, pertanto il comportamento deve cambiare per rimanere economico.

I grandi sistemi tecnologici sono organismi complessi che interagiscono con un numero elevato di altri sistemi di natura diversa per cui non si può cambiare una parte senza mettere in discussione tutto.

Ad esempio promuovere la produzione di acqua calda con il solare implica danneggiare i produttori di scaldacqua convenzionali, le aziende distributrici di gas o elettricità, i manutentori, nonostante comporti lo sviluppo di nuove imprese e nuove professionalità.

Inoltre è necessario “convincere” il cittadino-utente ed introdurre modifiche a regolamenti edilizi o condominiali.

Le resistenze da superare sono varie. L’approccio può essere di tipo *bottom up*, quando si sviluppa una forte coscienza ambientale da parte dei cittadini in grado di influenzare e direzionare le scelte politiche e

4. La mancanza di manodopera, ad esempio, è stata risolta con la schiavitù e successivamente con l’immigrazione e la sostituzione delle macchine all’uomo. Il problema dell’energia arginato con la scoperta ed estrazione di carbone, gas, petrolio.

*top down* se il mondo politico, cosciente del problema, anticipa la spinta dal basso ed agisce in maniera tale da sostenere la transizione verso il nuovo sistema energetico, di consumo e produzione. In entrambi i casi il risultato è un cambiamento culturale necessario alla svolta, per passare da consumatori ad utilizzatori, dalla logica del “ben-avere” al “ben-essere” (Butera, 2004).

Si tratta pertanto di operare all’interno di un nuovo paradigma in cui le scelte si muovono all’interno di un pentagono ai cui vertici sono posizionate le 5 “E”: *Etica, Estetica, Economia, Ecologia, Energia* (Butera, 2004).

Bisogna ricominciare a sognare un mondo in cui l’etica dello sviluppo sostenibile diventi cultura e quindi azione politica ed economica. Un mondo in cui l’architetto includa i vincoli ambientali nella progettazione; in cui tutti possano accedere ai beni e servizi essenziali; in cui la tecnologia venga usata al meglio a servizio del sistema uomo-ambiente; in cui l’uomo politico non ha come fine il potere fino a sé stesso, ma il miglioramento della qualità della vita della collettività presente e futura.

Sebbene l’interpretazione dello sviluppo sostenibile in chiave ambientalista sia sempre più frequente, va considerato che una reale strategia di sostenibilità è caratterizzata dall’integrazione tra obiettivi ambientali, economici, socio-culturali ed anche istituzionali. L’approccio olistico mira al ricongiungimento delle forme di sviluppo di questi quattro aspetti (Bleischwitz e Hennicke, 2005).

#### ***4.3. Beni ambientali ed esternalità: come superare i limiti allo sviluppo***

L’attuale sistema economico sembra essere molto efficiente nell’uso di risorse caratterizzate da un prezzo e meno verso quelle che invece non lo hanno (risorse ambientali ad esempio), dando origine ai fallimenti del mercato, le cosiddette esternalità, che comportano “costi esterni” per la collettività. La presenza delle esternalità implica

l'inspiegabilità, per il mercato, di alcuni fenomeni a cui tenta di dare una collocazione attraverso la loro "internalizzazione".

Il meccanismo di mercato può essere in grado di conseguire un'allocazione efficiente delle risorse purché non siano presenti esternalità. In particolare, anche per le risorse ambientali si pone il problema di come impiegarle efficientemente dal punto di vista sociale. L'*efficienza sociale* di un certo impiego o allocazione delle risorse si verifica quando non è possibile il miglioramento di qualche componente della società, senza che questo comporti che la situazione di qualche altro componente peggiori: "efficienza paretiana".

Questa definizione di efficienza sociale richiama l'idea che non vi sia spreco nell'impiego delle risorse: se fosse possibile modificare un'allocazione iniziale delle risorse in modo da far star meglio tutti i componenti della società senza che nessuno stia peggio, ciò sarebbe un chiaro indice di inefficienza dell'allocazione iniziale (Musu, 2003).

Una situazione socialmente efficiente è anche definita dalla massimizzazione del beneficio netto sociale, misurato come somma algebrica dei benefici goduti e dei costi sopportati dai singoli componenti della società. Una modificazione nell'allocazione delle risorse si dice efficiente se avvicina la società all'efficienza sociale, se cioè il beneficio netto sociale aumenta ed è possibile, quindi, che il benessere di tutti i membri della società migliori<sup>5</sup>.

La massimizzazione del beneficio netto sociale dell'uso di una risorsa, anche di quelle ambientali, è il criterio per stabilire se l'impiego della stessa è socialmente efficiente.

Non è chiaro quali potrebbero essere le istituzioni economiche più appropriate per ottenere un'allocazione socialmente efficiente delle risorse ambientali. Il mercato concorrenziale, considerato, di solito, adatto a garantire un'allocazione efficiente delle risorse, ha qualche difficoltà a definire il costo-opportunità dello sfruttamento

5. In questo caso infatti è possibile una redistribuzione dei benefici da coloro che stanno meglio a coloro che starebbero peggio, in modo che i primi mantengano un beneficio al netto della redistribuzione (e quindi continuino a star meglio) ed i secondi finiscano per godere di un beneficio netto (per stare meglio anch'essi).

dell'ambiente naturale, e, quindi, a stabilire i benefici della preservazione dell'ambiente.

Questo soprattutto a causa della presenza di esternalità, definite di solito come effetti collaterali e non intenzionali della produzione e del consumo che influiscono, positivamente o negativamente, su terzi.

I *costi* dello sfruttamento ambientale sono uno degli esempi tipici di “esternalità negative”, cioè di costi implicati da attività economiche, ma che non trovano espressione in transazioni di mercato. Si tratta di costi sociali che non si manifestano come costi privati perché non c'è una transazione di mercato che li rivela. Ad esempio, la fonte di emissioni dannose, che inquina l'atmosfera aumentando l'incidenza di alcune malattie respiratorie, crea esternalità negative, cioè un costo esterno<sup>6</sup>.

L'identificazione e la valutazione delle esternalità da inquinamento non sono compito facile, soprattutto se l'esposizione all'agente inquinante avviene a piccole dosi e per periodi di tempo prolungati.

Similmente i *benefici* della preservazione ambientale rappresentano un esempio di “esternalità positive” e, allo stesso modo dei costi, non si manifestano come benefici privati, perché non trovano espressione in transazioni di mercato.

L'esistenza di esternalità è una delle ragioni che portano ai cosiddetti “fallimenti del mercato”. Esse possono impedire al mercato, anche concorrenziale, di garantire l'efficienza sociale nell'allocazione delle risorse.

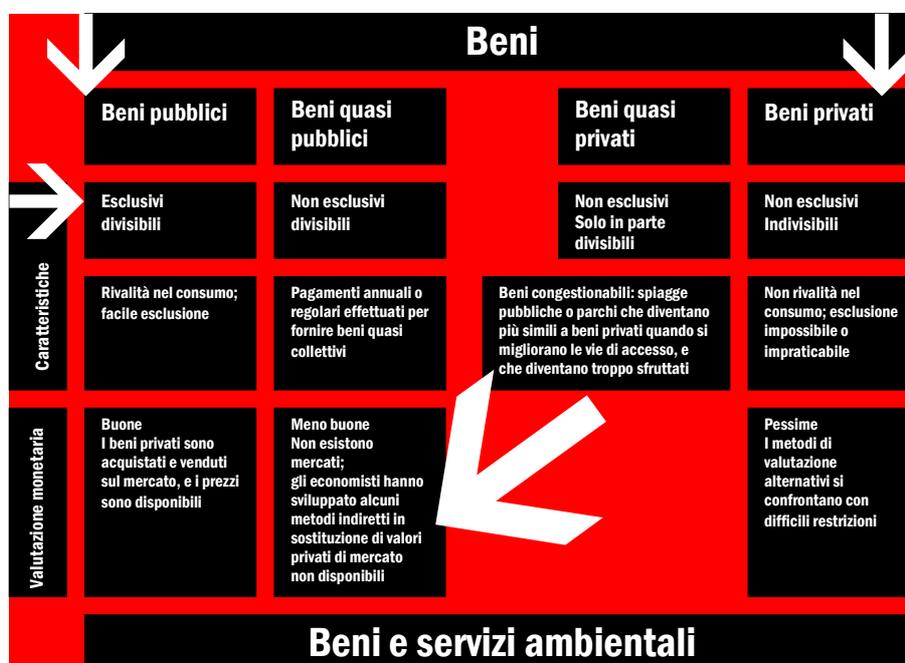
L'aspetto cruciale è che vi sono beni importanti per gli individui (aria, acqua, paesaggio, ecc.) che non vengono inseriti nel mercato. Gran parte dei beni ambientali rientra, infatti, nella categoria di *beni pubblici* per la quale non esistono “prezzi di mercato”. Essi presentano caratteristiche di consumo congiunto (*non rivali*) e di non esclusione (*non escludibili*). La definizione di dette caratteristiche risulta evidente a partire dalla definizione di beni privati che sono, invece, *escludibili* e *rivali* (fig. 3).

6. L'attività di un agente (impianto di produzione) ha provocato una perdita di benessere per un altro agente (individui ammalati) e la perdita di benessere è involontaria e non compensata.

L'escludibilità implica l'esclusione delle persone dall'uso di un bene, se si può definire, per esso, un diritto di proprietà che permette al proprietario di decidere le condizioni alle quali un'altra persona può usarlo.

L'escludibilità consente di avere una funzione di domanda che esprima la disponibilità di chi vuol godere un bene a pagare un prezzo al proprietario per poterlo fare<sup>7</sup>.

Figura 3 – Beni di tipo privato e pubblico



Fonte: Turner et al., 2002

La rivalità implica l'impedimento, ad un altro individuo, dell'uso simultaneo dello stesso bene. Il proprietario potrebbe privarsi dell'uso

7. Oltre alla possibilità di far pagare un prezzo per la fruibilità di un bene, il proprietario potrebbe anche utilizzare un altro strumento: la donazione.

di un bene, consentendolo ad altri, rinunciando al beneficio derivante dall'uso dello stesso incorrendo, pertanto, in un "costo opportunità". Tuttavia il proprietario potrebbe incrementare la quantità del bene già esistente consentendone l'uso ad altri senza rinunciare al proprio: anche in questo caso paga un "costo opportunità marginale"<sup>8</sup> per rendere possibile l'uso di questa unità in più del bene. Queste caratteristiche dei beni privati, consentono di definire, in modo non ambiguo, i diritti di proprietà permettendo lo scambio del bene sul mercato.

Un bene è, invece, non escludibile quando non se ne può rifiutare l'uso. Non si può non concedere ad un individuo di respirare l'aria pulita né di godere di un incontaminato paesaggio naturale. Di contro parliamo di un bene non rivale se l'uso dello stesso, da parte di una persona, non impedisce l'uso ad altri. Il fatto che una persona respiri l'aria pulita in uno spazio aperto in montagna non riduce la quantità d'aria pulita disponibile per gli altri.

Risulta evidente che, anche se è importante verificare in che modo sia possibile utilizzare le risorse nella maniera più efficiente, è necessario controllare la corretta distribuzione dei benefici e costi che esse comportano, *equità economica*. La distribuzione equa coinvolge gli individui dell'attuale generazione e di quelle future poiché diventerà regola fondamentale dello "sviluppo economico sostenibile", che presuppone *equità del trasferimento di beni fra le persone e nel tempo* (Turner et al., 2002). Il criterio di equità specificato in economia ambientale fa riferimento all'intero sistema ecologico, umano e non, e si esplica cercando di accrescere il benessere degli organismi della generazione attuale senza danneggiare le prospettive di quelle future (*obiettivi di equità intragenerazionale ed intergenerazionale*).

Una questione altrettanto importante dei fallimenti di mercato è la definizione dei *diritti di proprietà* (teorema di Coase) che vengono scambiati all'interno di essi. Per Coase l'esternalità non è altro che la manifestazione di una non chiara assegnazione dei diritti di proprietà perciò l'esternalità ambientale deriva dal fatto che non sono definiti i

8. Si tratta di un costo opportunità, perché allocare le risorse a produrre una unità aggiuntiva del bene significa perdere il beneficio di una allocazione alternativa delle risorse stesse.

diritti di proprietà sulle risorse dell'ambiente. Il soggetto che inquina ottiene, quale vantaggio economico, il beneficio connesso all'attività economica di produzione o di consumo dalla quale l'inquinamento deriva. La vittima dell'inquinamento subisce, altrettanto indiscutibilmente, un danno che può assumere una quantificazione economica e diventare, quindi, un costo ambientale. Il problema può essere affrontato secondo duplice modalità. Chi inquina può essere disposto a pagare qualcosa pur di continuare a svolgere l'attività economica alla quale l'inquinamento è associato ed, allo stesso modo, la vittima potrà richiedere una compensazione per continuare ad accettare il danno che deriva dall'inquinamento. L'inquinatore potrebbe richiedere una compensazione per rinunciare ad inquinare e la vittima, invece, disposta a pagare pur di non subire il danno dell'inquinamento. I due sistemi di approccio alla questione implicano una diversa assegnazione del diritto di proprietà sull'ambiente<sup>9</sup>. I limiti del teorema di Coase per risolvere il problema delle esternalità ambientali, soprattutto in presenza di molteplici inquinatori e vittime dell'inquinamento, sono legati alla difficoltà di effettuare un'assegnazione non ambigua dei diritti di proprietà sulle risorse stesse.

Le "esternalità" sono definite come "costi ed i benefici che si hanno quando l'attività sociale od economica di un gruppo di individui ha un impatto su di un altro gruppo e quando il primo gruppo non compensa completamente il secondo gruppo per l'impatto da esso generato", ovvero in un sistema economico si verifica una esternalità quando l'utilità o la produzione di un individuo (consumatore o produttore) dipende da variabili il cui valore è determinato da altri senza che questi ricevano o paghino alcun compenso pari al beneficio o costo marginale arrecato.

Le attività produttive in genere e quelle industriali in particolare, pur generando notevoli benefici, causano contemporaneamente effetti negativi sull'ambiente nonché sulla salute ed il benessere degli individui. I livelli tecnologici raggiunti e le disponibilità energetiche

9. Nel primo caso la proprietà dell'ambiente è assegnata alla vittima, nel secondo caso a chi inquina.

hanno notevolmente accelerato la messa a punto di nuove forme di produzione, che hanno permesso l'immissione nel mercato di nuovi prodotti, i cui cicli di vita non si sono quasi mai dimostrati rispettosi dell'ambiente e delle risorse.

L'economia tradizionale ha sempre considerato le risorse naturali come una forma di "merce gratuita". Esse, di fondamentale importanza per la maggior parte dei processi produttivi, sono state, il più delle volte, usate e degradate senza che nessun costo sociale, legato alla loro depauperazione, venisse preso in considerazione. Poiché una risorsa naturale è difficile da monetizzare, ciò ha fatto sì che il calcolo economico tradizionale abbia sempre lasciato in disparte la problematica relativa al danno ambientale cagionato da un'attività. È proprio a causa di questa *esternalità*, rispetto al mercato, che la stessa è stata definita *esternalità ambientale*. Gli effetti ambientali causati dall'attività umana sono molteplici ma, ad ogni modo, riconducibili ad interferenze su:

- salute pubblica e dei lavoratori;
- ambiente naturale;
- ambiente costruito;
- effetto serra e strato di ozono.

Relativamente alla salute pubblica e dei lavoratori, le indagini sugli effetti delle esternalità sono rivolte alla mortalità ed alla morbilità. Le loro variazioni possono essere collegate all'aumento o alla diminuzione della concentrazione degli inquinanti piuttosto che al verificarsi di condizioni incidentali. Mediante opportuni studi epidemiologici è possibile valutare le relazioni che intercorrono tra la presenza più o meno consistente di un inquinante e l'aumento dei casi di morte o malattia da essi presumibilmente indotti.

Le esternalità che influiscono sull'ambiente naturale, includono gli effetti esterni che interferiscono con l'agricoltura, la flora, la fauna, gli ecosistemi, la biodiversità ed il paesaggio. Studi specialistici identificano i modelli più adatti a simulare le risposte del sistema

naturale causate dagli effetti esterni<sup>10</sup>. L'ambiente naturale può essere anche soggetto a fenomeni di danno visivo: un elettrodotto, ad esempio, può essere fonte di deturpazione di un paesaggio.

Il danno relativo all'ambiente costruito è in parte riferito al deterioramento fisico o chimico della struttura degli edifici ed in parte associato a fattori estetici e al danneggiamento di beni culturali come i monumenti. La trattazione delle problematiche relative all'effetto serra e all'assottigliamento dello strato d'ozono trova ampio spazio in un elevato numero di sofisticati modelli, che tengono conto di diversi scenari futuri in termini di emissioni, popolazione, situazione economica ecc. Sebbene ogni studio abbia fornito dei risultati, il grado di incertezza degli stessi risulta molto elevato a causa sia del notevole numero di impatti (positivi e negativi) da dover considerare, sia del grado di approssimazione dei modelli (European Commission, 1995).

In linea teorica, il calcolo delle esternalità consente:

- il confronto tra diverse alternative sulla base del "full cost", costi industriali e costi sociali, facendo emergere le alternative complessivamente (socialmente) più convenienti;
- la determinazione del livello ottimo della produzione di beni e servizi dal punto di vista sociale, oltre che economico ("trade off" tra settori produttivi);
- la determinazione del livello di "inquinamento ottimo" in corrispondenza del quale si massimizza il beneficio netto sociale ("trade off" tra investimenti necessari alla riduzione dell'inquinamento e benefici ottenibili);
- la possibilità di considerare, nelle decisioni, il "parametro equità" oltre al "parametro efficienza".

Le valutazioni delle esternalità vengono sempre più spesso utilizzate per la formulazione delle politiche non solo ambientali, ma anche economiche e sociali dell'Unione Europea. Ad esempio, già il Quinto Programma Quadro Europeo "Verso la Sostenibilità" ha indicato, esplicitamente, la necessità di valutare le esternalità, specie quando

10. Si pensi alla valutazione dei carichi e dei livelli critici di inquinamento potenzialmente sopportabili dagli ecosistemi.

tratta della determinazione del “giusto prezzo”: “i prezzi praticati devono rispecchiare la totalità dei costi che la produzione e il consumo fanno pesare sulla società, compresi quelli ambientali”.

Tra i provvedimenti necessari per determinare il giusto prezzo in termini ambientali, vi sono:

- lo sviluppo di opportune metodologie per l’analisi costi-benefici dei provvedimenti e delle iniziative sull’ambiente e sulle risorse naturali;
- la riformulazione di concetti, norme, convenzioni e metodologie contabili, affinché il consumo e lo sfruttamento delle risorse naturali sia quantificato ed incorporato nel costo totale di produzione e si ripercuota sui prezzi di mercato;
- il ricorso a strumenti economici e fiscali quali elementi principali della strategia volta a fissare prezzi che riflettano tutti i costi; obiettivo principale di detti strumenti è incorporare tutti i costi ecologici sostenuti durante l’intero ciclo di vita del prodotto.

Altre formulazioni rimandano, poi, alla necessità della valutazione delle esternalità ambientali, come, ad esempio, il principio “chi inquina paga”. Esso rimanda, infatti, alla “internalizzazione delle esternalità”, che richiama al concetto di esternalità e di costo sociale nel Libro Bianco della Commissione Europea “Crescita, Competitività, Occupazione e Strade per il XXI secolo”. È stata pertanto effettuata una rassegna degli studi esistenti sulla valutazione dei costi esterni, con particolare riferimento a quelli relativi alla produzione di energia elettrica. Al termine dell’indagine si è individuato nel progetto *Externalities of Energy* (ExternE) il riferimento più utile per gli scopi del lavoro, sia per la completezza dei risultati, sia per la disponibilità di strumenti già sviluppati per il calcolo dei costi esterni.

#### ***4.4. Sfruttamento e conservazione delle risorse***

Lo sfruttamento e la preservazione dell’ambiente sono due modi *alternativi* di uso delle risorse. In entrambi i casi vi saranno dei costi da sopportare. Il concetto di costo economico è sempre un “costo-

opportunità” e, nel caso di impiego delle risorse, diventa il beneficio associato al miglior utilizzo alternativo al quale si rinuncia.

Normalmente i costi e i benefici di un intervento di protezione o sfruttamento dell’ambiente si estendono nel tempo e, spesso, non si incontrano nello stesso periodo. Solitamente i costi di un intervento vengono sostenuti nel presente, mentre i benefici si vedono nel futuro. Tuttavia, per alcuni interventi potrebbe verificarsi un maggiore dispiego di costi nel futuro. Le decisioni di intervento, però, vanno prese nel presente e quindi ha senso conoscere il valore presente o attuale dei benefici futuri. Il valore attuale dipende, in modo essenziale, dal tasso di interesse usato per scontare il flusso di benefici futuri, definito anche *tasso di sconto*. Più elevato è il tasso di sconto e più basso è il valore attuale; maggiore è il tasso di interesse, minore è la somma da accantonare oggi per godere di un flusso di benefici, o costi, futuri per periodo (Musu, 2003).

Quando è necessario prendere una decisione tra alternative che implicano costi e benefici che si estendono su più periodi, si deve ricorrere ai rispettivi valori attuali e confrontarli.

#### **4.5. Tasso di sconto e ambiente**

Porre un valore monetario e applicare un tasso di sconto (quale?) alle utilità o disutilità future per esprimere il loro valore attuale capitalizzato ci può dare un preciso calcolo del valore monetario, ma ciò non ci risparmia dal dilemma di una scelta e dal correre rischi sulla salute umana e la sopravvivenza. Per questo motivo, andrebbe considerato che il tentativo di misurare i costi sociali e i benefici sociali in termini monetari o valori di mercato è destinato a fallire. I costi sociali ed i benefici sociali vanno considerati come un fenomeno extra-mercato; sono nati e derivano dalla società nel complesso; sono eterogenei e non possono essere confrontati quantitativamente tra loro e con gli altri nemmeno in linea di principio (Kapp, 1970).

Da una prospettiva filosofica è possibile distinguere tra il concetto di *commensurabilità forte* (misura comune delle diverse conseguenze di

un'azione basata su una scala di misurazione cardinale), *commensurabilità debole* (misura comune basata su una scala di misurazione ordinale), comparabilità forte (esiste un singolo termine di comparazione con il quale differenti azioni sono classificate) e comparabilità debole (si accetta l'esistenza di conflitti tra differenti conseguenze di un'azione) (O'Neill, 1993). Chiaramente, la tradizionale analisi costi-benefici è basata sull'assunzione di una comparabilità forte, mentre la comparabilità debole può essere considerata la base filosofica della valutazione multicriteriale (Martinez-Alier e al., 1998; Munda et al., 1994; Fusco Girard e Nijkamp, 1997; Munda, 1995).

I metodi usati nella valutazione multicriteriale si basano su assunzioni matematiche, necessariamente restrittive, e anche su informazioni raccolte dai "decision-maker" per cui il concetto di "processo decisionale" ha un'importanza essenziale.

Lo *sconto* è probabilmente una delle questioni più discusse dell'economia ecologica. Le attività umane attuali possono causare danni ambientali immediati e nel lungo periodo. Lo sconto viene solitamente utilizzato per dare un valore attuale ai flussi finanziari nel futuro, spesso esso sembra dare, assolutamente, basso valore ai danni futuri e "giocare contro" l'ambiente e le future generazioni. D'altra parte i "tassi di sconto" bassi implicano un "sacrificio" per le attuali generazioni sebbene quelle future potrebbero essere più ricche.

La questione potrebbe essere affrontata secondo approcci differenti: diminuire i tassi di sconto affrontando incertezza sulla crescita economica futura; assegnare ai beni ambientali, non sostituibili e non riproducibili, un valore che cresce nel tempo ad un ritmo simile allo stesso tasso di sconto.

Più basso è il tasso di sconto, più alto è il tasso di investimento. Poiché investimenti più rischiosi, generalmente, producono tassi di interesse di mercato più alti, il rischio è un elemento da considerare quando si definisce un tasso di sconto dal tasso di interesse di mercato. Gli investimenti non vengono di solito condizionati dal loro tasso di rientro, ma considerando il loro Valore Attuale Netto (Van).

Se scontiamo la quantità di denaro futura usando tassi di sconto costanti, cioè fattori di sconto della forma:  $1/(1+r)^t$ , come risultato il valore nel futuro tende a portare il valore attuale quasi a zero<sup>11</sup>. La questione da porre riguarda però la correttezza dello sconto verso le generazioni future. Lo sconto non sempre è etico. Se le generazioni future saranno più ricche dell'attuale, non è molto giustificato privare di denaro le generazioni attuali più povere per incrementare il benessere di quelle future. In altre parole, se cioè si sceglie di essere "eticamente prescrittivo" in base alla pura preferenza temporale, la coerenza richiede un approccio simile ma con risultati opposti all'effetto benessere. Scontare il futuro non sembra "non etico" perché, se scontare l'utilità delle generazioni future può esserlo, scontare il loro consumo potrebbe non esserlo, e, se la crescita economica è reale, risulterebbe ingiusto dover "cedere" una parte del reddito attuale per sostenere qualcun altro con un reddito probabilmente più elevato.

Ma è possibile che non sia così. Ad esempio, per quanto riguarda i cambiamenti climatici, le emissioni di gas serra possono essere ridotte dalle popolazioni che si trovano nei paesi industrializzati, mentre coloro che ne beneficeranno, sono poveri e si trovano nei paesi in via di sviluppo (Pvs) che mancano di risorse per adattarsi ai cambiamenti climatici. La gente nei Pvs può essere anche più povera di quella attuale. Niente potrebbe giustificare il tasso di sconto per i costi del cambiamento climatico.

Questo non significa, necessariamente, che in caso di cambiamenti climatici bisogna usare un tasso di sconto pari a zero o negativo.

Sarebbe più efficiente spendere più denaro oggi in progetti di sviluppo per aiutare i Paesi in via di sviluppo (Pvs) ad ottenere uno sviluppo economico più rapido. Gli investimenti per mitigare i cambiamenti climatici dovrebbero quindi competere con altri progetti di sviluppo usando tassi di sconto utilizzati per tutti i progetti nei Pvs, di solito più alti e non più bassi, di quelli usati nei Pvs data la scarsità di capitali.

11. Ad esempio il danno di € 1.000.000 tra 100 anni ha un valore attuale di € 52.000 al 3% annuo e solo di € 455 all'8 %.

Pertanto lo sconto, di per sé, non è ingiusto, nel caso in cui le generazioni future fossero davvero più ricche. Il tasso di rientro dell'investimento marginale non può essere stabilmente più alto del tasso di crescita dell'economia: ciò porterebbe ad un paradosso. Qualunque investimento anche piccolo, ma con un tasso di rientro maggiore del tasso di crescita dell'economia, dopo un certo tempo avrebbe un output più grande dell'intera economia, "chiaramente un'assurdità" (Rabl, 1998).

Scontare i danni futuri, ad esempio quelli del cambiamento climatico, che possono essere evitati grazie ad alcuni investimenti, ad esempio mitigazione delle emissioni, si basa sull'ipotesi implicita che investimenti alternativi hanno un tasso di rientro uguale. Quindi, i tassi di sconto, nel lungo periodo, devono avvicinarsi al tasso di crescita dell'economia. Rabl suggerisce una procedura di sconto a due livelli (doppio) usando il tasso convenzionale per un breve periodo, 30 anni, un tasso ridotto per effetti intergenerazionali pari al tasso di crescita economico nel lungo periodo. Se un investimento viene fatto oggi con un alto tasso di rientro ed il ricavato viene continuamente reinvestito con lo stesso alto tasso di rientro, una conseguenza probabile sarebbe un'accelerazione della crescita economica. È, pertanto, necessario considerare obiettivi, azioni e strumenti in grado di agevolare ed al contempo di distinguere la crescita del sistema economico dalla produzione di inquinamento.

All'opposto, se alcuni danni futuri derivanti dalle decisioni prese oggi fossero così alti che nessun investimento credibile potrebbe compensare le generazioni future, questi danni potrebbero rallentare la crescita economica ed ancora, più probabilmente, l'utilità per le generazioni future.

Un altro possibile motivo per usare tassi di sconto decrescenti è l'idea che l'economia possa essere limitata dalla "carring capacity" del pianeta.

Se la crescita futura è incerta, il tasso di sconto dovrebbe progressivamente avvicinarsi a quello più basso possibile. I tassi di sconto alti tendono a scartare le situazioni che li giustificerebbero.

La distruzione di un bene ambientale (ad esempio l'estinzione specie) avrebbe lo stesso costo in qualunque momento. Il vantaggio è che lo sconto costante o decrescente, alto o basso, non eliminerebbe più i danni ambientali dall'analisi economica. Rimandare i danni lascia aperta la possibilità che non accadano o accadano molto lontano nel futuro.

Questa può essere una ragione per stabilire che ai beni ambientali, non riproducibili e non sostituibili, deve essere dato un valore che cresce nel tempo ad un tasso vicino a quello di sconto, ma non uguale ad esso. Il risultato porta a definire il tasso di sconto per i beni ambientali come quello che Krutilla e Fisher chiamano "sconto efficace", ma ad un tasso di sconto molto basso, definito uno "sconto efficace lento" (Fisher e Krutilla, 1975).

Nessuno sconto efficace può dare alla generazione attuale una responsabilità illimitata rispetto alle future e ciò può essere un problema per la sostenibilità (troppo) forte. Ignorare del tutto gli effetti collaterali dell'azione la rende poco corretta, ma la responsabilità illimitata la rende impossibile.

Comunque non ignora un danno ambientale solo perché accade nel futuro in base ad un'azione attuale. Aiuta ad assicurare che il benessere non diminuisca nel tempo, ciò che la sostenibilità debole aggiunge all'economia neoclassica. Rinforza la sostenibilità debole, la sua forza dipende dal valore dato oggi ai beni ambientali. La semplice aritmetica suggerisce che tassi di sconto più alti della crescita economica non sono sostenibili nel lungo periodo.

Quando ci si riferisce all'ambiente il punto più importante è che ai beni ambientali non riproducibili e non sostituibili deve essere dato un valore che cresce nel tempo quasi come il tasso di sconto. Questo darà un maggiore valore netto attuale a danni futuri e giustificherà, ad esempio, un maggiore sforzo di mitigazione dell'emissione di gas serra.

I danni ambientali futuri possono essere tanto rilevanti da far diminuire il benessere futuro e, di conseguenza, si potrebbe pensare di preferire uno sconto decrescente. Pur non consentendo un'interpretazione economica della "carring capacity" del pianeta, si

pone, almeno, l'accento sull'incertezza della futura crescita economica con intensità simile allo sconto.

Altre importante conseguenza della crescente valutazione dei beni ambientali è che essi assumono un ruolo rilevante nella strutturazione di scenari ex ante per le politiche di lungo periodo. Ma i beni ambientali sono, di solito, i più difficili da valutare proprio perché sono presenti solo marginalmente sul mercato e, spesso, neanche considerati in maniera corretta. Il risultato è che il valore attuale dei danni futuri aumenta, ma anche l'incertezza su questi danni.

## **5. Il potenziale delle rinnovabili**

Gli scenari costruiti per descrivere il fabbisogno energetico mondiale vengono elaborati con metodo "induttivo": a partire dalla domanda ed offerta energetica attuale e mediante ipotesi su quelle previste per il futuro si tiene conto dei possibili risparmi.

Tuttavia, attualmente, è difficile ipotizzare e valutare i costi delle energie convenzionali e quelli necessari alle tecnologie per le rinnovabili nel lungo periodo, ma si possono prefigurare alcune ipotesi di principio.

Il potenziale energetico naturale può essere utilizzato, attualmente, in maniera più efficiente. Ad oggi esso è sottoutilizzato se si pensa che ogni giorno il sole fornisce alla terra 15.000 volte più energia di quella che consumiamo sotto forma di energia fossile e nucleare. I vantaggi di detto potenziale spesso non vengono considerati:

- migliore efficienza tecnica e strutturale e disponibilità domestica (si riducono i costi di linea e di trasporto con conseguente risparmio di denaro e miglioramento della bilancia internazionale dei pagamenti per le mancate importazioni energetiche);
- sostituzione dei costi commerciali dei carburanti con energia primaria gratuita: la tecnologia sostituisca i costi dei combustibili generando nuovi posti di lavoro (con la costruzione degli impianti);
- risparmio dei costi di infrastrutture grazie alla produzione a livello locale;

- opportunità di un'organizzazione locale e regionale dell'energia fornita dalle rinnovabili;
- possibilità di ricavare biocarburanti da residui biologici di agricoltura e silvicoltura, dalla produzione agro-alimentare o dall'industria del legno, ecc. (l'uso di biomassa permette la stabilizzazione duratura di piccole e medie imprese, e quindi del tessuto economico regionale);
- nuove architetture che riducono il fabbisogno di energia termica attiva negli edifici (valorizzazione dell'artigianato e dell'agricoltura derivante dal "costruire solare");
- costi ecologici indiretti evitati grazie alla riduzione delle spese sanitarie e dei costi relativi alla prevenzione e compensazione delle catastrofi;
- costi di sicurezza internazionali evitati.

Questi sono solo alcuni dei vantaggi che evidenziano la fattibilità dell'approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili anche in prospettiva di aumento di domanda energetica nei paesi in via di sviluppo.

Le soluzioni e gli scenari ipotizzabili dipendono da diversi fattori:

- risparmio energetico effettuato con l'obiettivo di ridurre la domanda di energia;
- condizioni geografiche e disponibilità naturali;
- sviluppo delle tecnologie ed andamento dei costi;
- visione di "lungo periodo" delle imprese;
- progetti politici;
- livello di coscienza e consapevolezza pubblica (fattori sociali).

L'attuale uniformità delle strutture per l'approvvigionamento energetico e consumo di energia è legata, sostanzialmente, all'energia fossile. Le fonti energetiche rinnovabili presuppongono invece un approccio multiculturale.

Altra questione da considerare è sicuramente legata ai "tempi" di introduzione delle rinnovabili, rispetto ad impianti di tipo convenzionale. Tra il 2000 ed il 2004 in Germania è stata installata una capacità complessiva da fonti energetiche rinnovabili di 14.000

MegaWatt (MW). Nessuna centrale di produzione di energia elettrica da fonti convenzionali sarebbe entrata in funzione in così breve periodo. Questo è legato alla semplicità di costruzione degli impianti e soprattutto al loro “decentramento” che eviterebbe, oltretutto, la costruzione delle “infrastrutture” per l’approvvigionamento.

Il vero problema di implementazione di dette fonti non è tecnologico, né economico, ma politico e culturale. Lo stoccaggio dell’energia solare ed eolica spesso viene descritto come un problema insormontabile legato alla “poca affidabilità” delle fonti. Esso è, tuttavia, necessario per qualsiasi fonte, anche e soprattutto quelle convenzionali, che non vengono “estratte” sul momento, né direttamente vicine all’utente finale, ma che prevedono anche “perdite” nel sistema di trasporto.

Il vantaggio degli impianti decentralizzati è che questi sono potenzialmente possibili in tutti i paesi. Allo stato attuale l’energia nucleare è stata considerata l’alternativa possibile dell’approvvigionamento delle fonti energetiche rinnovabili poiché non comporta limitazioni legate alla “scarsità” quanto le risorse fossili ed il “potenziale” connesso con la crescita nel settore è al momento ancora forte (tab. 5).

**Tabella 5 – Comparazione tra caratteristiche di fonti energetiche rinnovabili e non rinnovabili**

<b>Caratteristiche</b>	Fossile	Nucleare	PV	Eolico	Mini-idro - elettrico	Maxi - idro - elettrico	Onde	Solare termodin amico	Calore e raffresca mento solare	Geotermi a	Biomassa /coltivazioni energetiche	Rifiuti biogenici
Disponibilità locale	No (limit.)	No (limit.)	Si	Si	Si (top.)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Risparmio di valuta grazie alle mancate importazioni	No (limit.)	No (limit.)	Si	Si	Si (top.)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Creazione di nuovi posti di lavoro grazie alla produzione di impianti per conto proprio	No (limit.)	No (limit.)	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Aumento di produttività grazie ai combustibili risparmiati	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si
Aumento di produttività grazie alla riduzione delle trasformazioni	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Riduzione dei costi infrastrutturali (elettrودotti, trasporto, distribuzione)	No	No	Si	Si (no offshore)	Si	No	Si	No	Si	Dipende dim. Impianto	Si	Si
Incremento dello sviluppo locale e decentralizzato (artigianato, agricoltura, ecc.)	No	No	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Dipende dim. Impianto	Si	Si
Incremento crescita per investimenti privati	No	No	Si	Si	Si	No	Dim. Impianto	Dim. Impianto	Si	Dim. Impianto	Si	Si
Riduzione danni climatici	No	Scarso	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Riduzione danni alla salute	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Dip.impiego tecnologie moderne	Si
Tutela delle acque	No	No	Si	Si	Si	Eventua.	Si	Si	Si	Si	Dipende tipo coltiva.	Si
Riduzione costi per la sicurezza	No	No	Si	Si	Si	Eventua.	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Fonte: Rimodulazione da Scheer 2006

Tuttavia, nonostante il nucleare venga considerata un'alternativa possibile ed anche più vantaggiosa rispetto alle fonti energetiche rinnovabili, anzi spesso inserita finanche tra queste, vanno vagliate alcune questioni sugli impianti nucleari:

- il *problema dell'acqua*: l'enorme fabbisogno idrico dei reattori per produzione di vapore e per il raffreddamento è in concorrenza con il fabbisogno di acqua della popolazione mondiale;
- la *scarsa efficienza*: il calore residuo delle centrali nucleari è poco adatto alla cogenerazione a causa dei costi elevati del teleriscaldamento. Quella nucleare è perciò la fonte energetica con le minori possibilità di ottimizzazione dell'efficienza;
- la *pericolosità*: con il rischio di "nuove guerre", non più fra stati ma tra culture, aumenta in tutto il mondo il pericolo del terrorismo nucleare e non solo quello di attacchi aerei contro i reattori;
- il *sistema energetico sbagliato*: le centrali nucleari sono investimenti ad alta intensità di capitali, quindi la loro costruzione è in contraddizione con la liberalizzazione dei mercati dell'energia elettrica con tempi di ammortamento brevi;
- la *prospettiva incerta dei depositi finali delle scorie*: le scorie radioattive devono essere stoccate in modo sicuro per 100.000 anni. Nessun sistema politico è in grado di fornire garanzie per una tale durata visti i sempre maggiori rischi di destabilizzazione sociale;
- la *contaminazione radioattiva*: nessuno è in grado di stimare, a lungo termine, l'impatto di contaminazioni radioattive, anche basse, sia sulla natura sia sull'uomo. Il rischio aumenta con l'aumentare delle centrali nucleari in esercizio.

Considerando il "confronto" tra il nucleare, le risorse fossili e quelle rinnovabili (tab. 5) si può tentare di avere un quadro esplicativo delle caratteristiche di dette fonti.

Inoltre, uno studio sulle fonti fossili e nucleari ha presentato un calcolo di sovvenzioni annue per stanziamenti pari a 244 miliardi di dollari in totale (di cui 53 per il carbone, 52 per il petrolio, 46 per il gas naturale, 48 per l'energia elettrica, 16 per l'energia nucleare e 9 per le rinnovabili). Il 34% delle sovvenzioni viene erogato dai paesi Ocse ed

il 66% dagli altri paesi. Le sovvenzioni per le rinnovabili risultano solo il 3,7% del totale. I finanziamenti non sono distribuiti equamente in tutti i paesi (De Moor, 2001).

L'effetto è quello di rinsaldare il sistema nucleare fossile, perciò, su scala mondiale, i costi sono ridotti: l'offerta quantitativa di combustibili fossili viene tenuta artificialmente alta, mentre il livello dei prezzi è mantenuto basso, garantendo, così, anche il funzionamento regolare delle infrastrutture di trasporto. Inoltre non sono compresi gli aiuti sotto forma di esenzione fiscale applicata su carburanti aerei e navali che ammontano ad un volume finanziario annuo di circa 250 miliardi di dollari.

Diventa pertanto importante chiedersi se è necessario<sup>12</sup> e conveniente investire nelle fonti energetiche rinnovabili e nel risparmio energetico e, soprattutto, per chi. In una visione di breve periodo sembrerebbe poco consigliabile, o meglio, non in maniera assoluta, in quanto, probabilmente, con un bilancio finanziario costi-ricavi, un impianto per la produzione di elettricità di tipo convenzionale, nell'attuale "mercato energetico", converrebbe. Tuttavia bisogna considerare che anche l'economia ambientale non considera solamente la moneta ed il profitto come criteri.

Inoltre, un aspetto interessante da non sottovalutare, che potrebbe diventare la questione rilevante per offrire una concreta risposta al "cambiamento" dei limiti, influenzando l'andamento economico ed i mercati tradizionali, è sicuramente la possibilità di garantire la produzione a scala micro. Nuove modalità di investimento per i singoli "micro-investitori" e, di conseguenza, l'opportunità di coinvolgere anche privati cittadini sia nella produzione che nel risparmio energetico rendendoli partecipi delle "decisioni" ed anche interni al sistema di mercato, sono offerte soltanto dalle fonti energetiche rinnovabili in quanto, con le energie tradizionali, il "decentramento produttivo", e la distribuzione diffusa di impianti a scala micro sono auspicabili.

12. La necessità di considerare forme di approvvigionamento energetico alternative alle fossili è concreta per la scarsità delle suddette, derivante soprattutto da un loro sovrasfruttamento, derivante dalla disponibilità condizionata ad alcune aree geografiche che innescano problemi politici oltre che di trasporto.

La comparazione della potenza installata di impianti tradizionali con quelli da fonti rinnovabili è fuorviante; ad esempio, una centrale termoelettrica da 1 kiloWatt di potenza (kWp) produrrà fino a 24 kWh al giorno, mentre un impianto di fotovoltaico della stessa potenza produrrà tra i 4 ed i 5 kWh al giorno perché è legato alla “presenza momentanea” della risorsa.

La disponibilità territoriale diffusa, soprattutto di alcune fonti energetiche in particolare, ha reso comunque fondamentale rivolgere alle fonti energetiche rinnovabili l’attenzione del panorama politico internazionale per risolvere i problemi più evidenti legati ai cambiamenti climatici ed i danni ambientali rilevanti legati, indissolubilmente, agli attuali sistemi di produzione

Diventa, pertanto, importante conoscerne caratteristiche, potenzialità e vincoli soprattutto ai fini di possibili applicazioni in architettura, leggendoli sotto il duplice aspetto di significativi sistemi tecnologici, strumenti per una diversa forma di produttività e, non ultimo, un aiuto nella risoluzione dei problemi ambientali.

### ***5.1. Il fotovoltaico***

L’energia da fonte fotovoltaica è il più immediato metodo di conversione della luce solare in energia elettrica. Per la sua immediatezza, disponibilità e prevedibilità della radiazione solare, tale tecnologia presenta grandi potenziali di sviluppo, soprattutto perché il periodo di radiazione solare è quello in cui anche la richiesta energetica è forte.

Il principale limite allo sviluppo degli impianti fotovoltaici è il costo, mentre la necessità di grandi estensioni e la discontinuità della produzione non saranno rilevanti fino a che non vi sarà stata una forte diffusione. La filiera viene sovvenzionata mediante vari metodi per incoraggiare lo sviluppo del settore con l’obiettivo di arrivare a prodotti più competitivi tramite la ricerca. Le sovvenzioni hanno permesso al mercato di assestarsi, consentendo una riduzione al costo della

tecnologia negli ultimi 25 anni, passando da 15 €/Wp del 1980 a circa 3 €/Wp attuali.

Per abbassare ulteriormente il costo la ricerca si muove in varie direzioni, studiando come migliorare l'uso del materiale mediante la cella sottile (film sottile, amorfo), oppure aumentandone l'efficienza della catena produttiva per la quale si verifica come implementare velocità e qualità, riducendo gli sprechi di materiale fotoelettrico.

I moduli fotovoltaici, connessi tra loro in serie e/o in parallelo a seconda dei valori di intensità e di tensione desiderati, compongono il generatore fotovoltaico. Più moduli vengono collegati elettricamente in serie realizzando la cosiddetta stringa, che, a sua volta, viene collegata in parallelo con altre analoghe. L'aggregazione di diverse stringhe costituisce il campo fotovoltaico. Il solo insieme dei moduli non è sufficiente per approvvigionare l'utenza servita di energia elettrica nei tempi e nei modi ad essa richiesti. I pannelli devono essere inseriti all'interno di un sistema articolato, composto dall'integrazione di valori dispositivi, capaci di agevolare e regolarizzare lo sfruttamento della fonte solare. Con il termine impianto o sistema fotovoltaico si intende il complesso di tutti gli elementi, anche non strettamente fotovoltaici, che consentono la conversione in elettricità della radiazione solare. Oltre ai pannelli solari, rientrano in questo concetto le apparecchiature di regolazione, controllo e stoccaggio dell'energia prodotta come i terminali, i cablaggi e le strutture di sostegno.

In natura vi sono molti materiali utilizzati per la fabbricazione delle celle fotovoltaiche e, tra questi, il più comune è il "silicio", con una percentuale del 26%. Il silicio è il materiale più presente, in peso, sulla crosta terrestre dopo l'ossigeno. Non esiste in forma pura, poiché, esposto all'ossigeno, crea uno strato di ossido. La forma più comune è quella di  $\text{SiO}_2$  ad esempio la sabbia marina. Per il suo utilizzo nel fotovoltaico deve essere purificato. Viene infatti, sottoposto ad una reazione col carbonio a  $1.800^\circ$  in forni ad arco ed il risultato è il "silicio metallurgico", puro al 98,5%. Poiché il silicio puro costa, le industrie fotovoltaiche cercano di utilizzare silicio di seconda scelta. Ma il perfezionamento delle tecnologie per i transistor limita sempre più lo

scarto del processo principale, diminuendo la quantità disponibile di silicio.

Esiste poi un problema di eccessiva qualità della materia prima e del suo costo, che si intreccia con la situazione dell'“industria del microchip” dalla quale è convenuto comprare il silicio di scarto nonostante avesse una qualità superiore al necessario. Questo perché i numeri dell'industria fotovoltaica non giustificano una struttura produttiva dedicata non essendo neanche molto chiari i termini della purezza necessaria.

L'effetto fotovoltaico consiste nella conversione dell'energia solare in elettricità. Ciò è reso possibile dalle specifiche proprietà fisiche di alcuni particolari elementi definiti semiconduttori. Col termine semiconduttore si intende una sostanza elementare o composta, inorganica, cristallina, la cui resistività è intermedia tra quella dei metalli conduttori e quella degli isolanti. Tale resistività, cioè la resistenza elettrica specifica della sostanza, diminuisce con l'aumento della temperatura e varia con il variare della tensione della corrente che l'attraversa.

Elemento base della tecnologia fotovoltaica è rappresentato dalla cella, la quale può essere realizzata secondo diverse modalità. Essa consiste in una porzione piana di materiale semiconduttore, di spessore estremamente ridotto, cui vengono applicati dei contatti elettrici. Esposta alla luce, la cella produce direttamente energia elettrica in corrente continua, sfruttando il fenomeno fisico dell'interazione tra le particelle di energia che compongono la radiazione solare, i fotoni, con gli elettroni di valenza degli elementi semiconduttori usati per la realizzazione della cella stessa (ad esempio il silicio cristallino).

All'interno degli impianti fotovoltaici vengono utilizzati numerosi componenti tipici per lo sfruttamento dell'energia prodotta. Per l'utilizzo dell'energia dei nostri apparecchi casalinghi si deve convertire la corrente con un *inverter*. Mentre nei sistemi isolati si aggiungono accumulatori o altri tipi di stoccaggio di energia. Con il termine inverter si intende un dispositivo che trasforma la corrente continua in alterna. L'inverter viene utilizzato all'interno degli impianti

fotovoltaici, poiché quasi tutti gli utilizzatori usano la corrente alterna. Invece un accumulatore di corrente è un dispositivo capace di erogare e stoccare, per effetto di reazioni chimiche, energia elettrica. Esistono diversi tipi di accumulatori: quelli comuni al piombo e quelli più complessi agli ioni di litio ed ai polimeri di litio.

Affinché la tecnologia fotovoltaica si ponga alla base del nostro futuro, si stanno creando diverse possibilità sperimentali e produttive. Scopo fondamentale della ricerca rimane la riduzione dei costi globali, che consentirebbe di rendere i sistemi fotovoltaici più competitivi nei confronti delle fonti d'energia tradizionali. Per arrivare a ciò, tre sono le direzioni intraprese:

- riduzione del costo del materiale di partenza;
- riduzione del costo di fabbricazione;
- miglioramento dell'efficienza di conservazione.

Per quanto riguarda il primo punto sono in fase di studio diversi tipi di materiali e di celle fotovoltaiche. Uno di questi materiali è il Film Sottile che punta a realizzare celle fotovoltaiche costituite da pellicole finissime utilizzando, oltre al silicio amorfo, semiconduttori composti policristallini.

L'efficienza di conversione è la percentuale di energia contenuta nelle radiazioni solari che viene trasformata in energia elettrica disponibile ai morsetti. Per celle commerciali al silicio è, in genere, compresa tra il 13% e il 17%, mentre realizzazioni speciali di laboratorio hanno raggiunto valori del 34%. Tale valore dipende esclusivamente dalla tecnologia di costruzione della cella e si può avere un'idea delle caratteristiche delle diverse tecnologie dalla tabella 6.

Esistono due metodi per la produzione di silicio monocristallino: il metodo Czochralski (CZ) e il metodo Floating Zone (FZ). Il metodo CZ consiste nell'estrarre una bacchetta iniziale di silicio cristallino da un crogiolo in cui c'è silicio fuso. Tale bacchetta ruota con velocità di pochi giri/min. fino a 60 giri/min., mentre la velocità di estrazione è 0,5÷1,2 mm/min. Il risultato di ciò è una barra di silicio cristallino di diametro dipendente dalla velocità di estrazione e dalla temperatura del silicio fuso: più è bassa la velocità maggiore sarà il diametro. Il metodo

FZ, invece, consiste nel passare attorno al lingotto di silicio una spira che emette radiofrequenze (2 MHz), le quali lo fondono localmente e, mediante tale solidificazione, assume struttura cristallina. Successivamente i lingotti di silicio vengono tagliati a fette (wafer). Tale fetta viene poi levigata e, vista al microscopio, la sua superficie sembra composta da piccole piramidi, le quali facilitano la cattura del fotone.

**Tabella 6 – Le tipologie di celle per il fotovoltaico**

Tipologia	Rendimento	Vantaggi	Svantaggi
Silicio monocristallino	14-17%	Alto rendimento, stabilità, tecnologia affidabile	Costo, quantità di materiale necessario alla fabbricazione, complessità
Silicio policristallino	12-14%	Rendimento medio, basso costo, fabbricazione più semplice, miglior occupazione dello spazio	Complessità, sensibilità alle impurità
Silicio amorfo	4-6% singolo	Basso costo, minore necessità ed energia nella fabbricazione, buon rendimento con basso irraggiamento, flessibilità	Basso rendimento, degrado iniziale, stabilità negli anni
GaAs	32,5%	Alta resistenza alle alte temperature (ok per i concentratori)	Tossicità, disponibilità del materiale
CdTe	10%	Basso costo	Tossicità, disponibilità del materiale
CIS (CULNSE <sub>2</sub> )	12%	Molto stabile	Tossicità (Cd)

Fonte: Bartolazzi, 2006

Il tentativo di creare un cristallo di silicio dal grado di purezza e dal costo più adeguati all'industria fotovoltaica ha portato alla costituzione del silicio policristallino. Esso si forma senza l'utilizzo dei metodi CZ e FZ. Il silicio fuso viene, infatti, fatto raffreddare in maniera controllata e solidificare in lingotti di grande dimensione (40 cm di lato).

Dagli anni ottanta è in sviluppo una tecnologia che riduce drasticamente gli spessori del silicio, creando il cosiddetto silicio amorfo. Il concetto base è che il silicio viene gassificato ( $T_{\text{ebollizione}}=2.355^{\circ}\text{C}$ ) e spruzzato sulla superficie di supporto. Tale

metodo, però, crea delle strutture non cristalline, che col tempo variano la loro struttura molecolare.

La ricerca sul silicio amorfo ha avuto grande impulso. Essa consiste nella distribuzione di silicio gassificato su una superficie più fredda al cui contatto solidifica senza però creare una struttura cristallina. La tecnologia presenta ancora oggi forti limiti nell'instabilità del materiale amorfo che, con il tempo, deteriora la cella. Ciò ha raffreddato gli entusiasmi e, per ora, la tecnologia non è molto diffusa.

Le celle in film sottile sono costituite da un unico e sottilissimo strato di silicio depositato su vetro o altri materiali. Sono state studiate e sviluppate anche per ridurre i costi del fotovoltaico per applicazioni civili. Grazie alla flessibilità dello strato di silicio, possono essere montate su supporti flessibili, imbarcazioni, alianti e per alimentare piccole apparecchiature. Le efficienze di questi film sono basse, dell'ordine del 4-6%.

Un sistema alternativo di accumulo energetico è dato dalle celle a combustibile. Il principio su cui si basa l'accumulo è la scissione dell'acqua in idrogeno e ossigeno durante il processo di carica, sfruttando l'energia elettrica proveniente dai pannelli solari. Nel processo di scarica, invece, idrogeno ed ossigeno sono combinati insieme per generare energia elettrica, calore ed acqua. Un riferimento può essere il sistema elettrico dell'Helios (della NASA); esso al posto delle cellePV-accumulatori-carico, utilizza celle a combustibile.

Si possono rappresentare le spese da affrontare per l'installazione di un impianto da 1 kWp (tab. 7). Fino ad oggi il tipo di impianto più comune era un impianto familiare di potenza tra 1 e 3 kWp, finanziato con sovvenzioni regionali. Con il decreto 387/03 lo stato ha disposto una sovvenzione in conto energia, cioè in funzione della produzione del singolo impianto.

Altro aspetto considerato per questi tipi di impianti è la discussione sull'impatto ambientale che verte su due quesiti principali: come viene modificato il nostro habitat e come verrà modificato l'ambiente nel lungo periodo.

Nel primo caso il principale impatto che si può addebitare al fotovoltaico è la modifica del paesaggio. Per il resto non creano inquinamento in fase di esercizio, oltre quello minimo prodotto nel luogo di produzione, né rumore, fatta eccezione per quello derivante dai dispositivi elettrici. L'inquinamento elettromagnetico, che varia in funzione della progettazione dell'impianto, è paragonabile a quello dei nostri elettrodomestici la cui effettiva nocività è ancora in discussione.

**Tabella 7 – Elementi di un pannello fotovoltaico e costi forfetari**

Elemento di costo	Sul totale	Per capitoli	Costo
<b>Celle solari</b>		<b>24,4%</b>	<b>€ 1.840</b>
Silicio	3,9%		€ 294
Materiale ed energia	1,7%		€ 129
Manodopera	3,4%		€ 258
Ammortamento	15,4%		€ 1.159
<b>Montaggio moduli</b>		<b>26,1%</b>	<b>€ 1.973</b>
Materiale	13,1%		€ 987
Assemblaggio	9,0%		€ 683
Ammortamento	4,0%		€ 304
<b>Montaggio Sistema</b>		<b>49,5%</b>	<b>€ 3.738</b>
Installazione	24,7%		€ 1.869
Elettronica di controllo	19,8%		€ 1.495
Progettazione	4,9%		€ 374
<b>Totale</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>€ 7.551</b>

Fonte: Bartolazzi, 2006

I vantaggi associati a questa fonte energetica sono molteplici: il ridotto impatto ambientale, l'assenza di emissioni nella fase di esercizio, la scarsa necessità di manutenzione, la versatilità e modularità degli impianti. Attualmente, il fotovoltaico, nonostante le caratteristiche positive, dal punto di vista strettamente economico, si dimostra in molti casi meno conveniente delle alternative di tipo convenzionale. Sembra interessante, quindi, operare un approfondimento circa le motivazioni che possono spingere i soggetti

pubblici e privati a ricorrere alla tecnologia fotovoltaica favorendone la diffusione su larga scala.

Un'accurata analisi costi-benefici, nonostante la maggior parte dei vantaggi riscontrabili risultino spesso difficilmente monetizzabili o non correttamente percepiti dai soggetti interessati, soprattutto in ambito privato, può rappresentare un primo approccio per individuare le ricadute favorevoli prevalentemente di tipo ambientale e sociale, che costituiscono, in effetti, il principale punto di forza del fotovoltaico.

## **5.2. L'eolico**

L'Italia, dal punto di vista anemologico<sup>13</sup>, non è particolarmente favorita, in quanto, pur essendoci siti apparentemente ventosi, le caratteristiche di variabilità direzionale e gli improvvisi cambiamenti di intensità non ne favoriscono l'utilizzo. Negli anni settanta, anche in conseguenza delle prime crisi petrolifere, in Italia si sono svolti studi atti a caratterizzare i siti più adatti e a individuare le tecnologie più opportune per sfruttare ciascuna tipologia di sito.

Lo sviluppo tecnologico e una maggiore sensibilità agli aspetti paesaggistici hanno fatto sì che un nuovo, possente incremento nell'utilizzo dei campi eolici sia avvenuto alla fine del XX secolo, trainato, in particolare, da legislazioni favorevoli alle fonti rinnovabili promulgate in Germania, Danimarca, Spagna e anche in Italia. Circa il 70% di installazioni sono in Europa e l'Italia è al sesto posto al mondo, grazie agli oltre 700 MW installati prevalentemente sull'Appennino meridionale e sulle isole. L'attuale livello di costo dell'energia e le tecnologie oggi disponibili permettono di contribuire al fabbisogno nazionale di energia con circa 6 miliardi di kWh all'anno da fonte eolica, corrispondente a circa tre volte l'attuale capacità. Nonostante il consumo di combustibili fossili, che oggi produce in Italia circa 200 miliardi di kWh all'anno, non possa essere completamente sostituito,

13. Dal greco antico *ánemos* = *vento* ed il suffisso *logos* = parola con significato generico di *discorso* o più specifico di *studio scientifico*.

sarà sempre possibile ridurre di 15.000 tonnellate all'anno l'importazione del petrolio.

In Italia le taglie adottate sono mediamente più piccole, 600-900 kW, più facilmente trasportabili sui siti che, nel caso del nostro paese, sono tipicamente sul ciglio di montagne. Non è, invece, al momento, ipotizzabile un diffuso utilizzo della tecnologia offshore lungo le nostre coste senza avere un impatto negativo sul paesaggio e sul turismo.

I componenti di una tipica macchina eolica sono la gondola, il rotore, la torre ed il trasformatore. Nella gondola sono generalmente alloggiati il mozzo, cui è fissato il rotore, ed un ingranaggio che converte la velocità del rotore, relativamente bassa, in quella dell'alternatore (tipicamente 3.000 o 3.600 giri al minuto). La velocità di quest'ultimo è imposta dalla frequenza della rete elettrica<sup>14</sup>. I poli dell'alternatore passano alternativamente davanti a campi magnetici di segno opposto, generando una corrente elettrica detta appunto alternata, tipicamente a 690 volt.

Il rotore, solitamente, è composto da tre pale disposte a 120° l'una dall'altra e che, in gran parte delle tipologie, possono ruotare ciascuna rispetto al proprio asse in modo da mettersi più o meno inclinate rispetto al vento. In commercio esistono anche macchine che funzionano con principi diversi da quanto esposto, ad esempio con motori a corrente continua (come piccoli aerogeneratori utilizzati per alimentare utenze isolate) o con alternatori a velocità variabile, che non necessitano di sistemi di conversione della frequenza per immettere l'energia in rete.

Particolarmente importante, per gli aspetti estetici che ne derivano, è il tipo di torre utilizzata, che può essere tubolare, a traliccio o palo strallato. Le grandi macchine sono tipicamente sostenute da torri tubolari, che, spesso, ospitano, al loro interno, l'ascensore ed il trasformatore. Esse possono pesare anche 150 tonnellate ciascuna, vengono realizzate in tronconi trasportati separatamente, poi imbullonati sul posto. Di norma sono bianche o grigie, in modo da riflettere i colori. La potenza di una macchina eolica è tanto maggiore

14. 50 Hz in gran parte dell'Europa e 60 Hz in gran parte dei paesi americani.

quanto più forte è il vento, più grandi ed efficienti sono le pale e più densa è l'aria.

L'energia eolica contribuisce alla produzione di energia elettrica per soddisfare esigenze diverse. Piccole macchine abbinate a batterie alimentano, spesso integrate con pannelli fotovoltaici e piccoli generatori a combustione interna, insediamenti isolati non collegati alla rete. Impianti tra i 10 ed i 20 kW possono alimentare reti locali, ad esempio in isole minori, insediamenti turistici remoti o piccoli villaggi di paesi in via di sviluppo dove non vi è ancora una diffusa rete elettrica). Campi eolici o wind-farms, composti da alcuni grandi impianti (superiori ai 20 kW), sono invece collegati alla rete elettrica, dove l'energia prodotta si unisce a quella di altre centrali, alimentando i consumi di utenti distanti centinaia di chilometri.

Gran parte dei siti italiani può disporre dalle 2.000 alle 3.000 ore equivalenti di funzionamento in un anno (sulle 8.760 ore totali in un anno solare). Il costo dell'investimento è praticamente indipendente dalla producibilità (kWh/anno) e legato, in gran parte, alle macchine scelte, ovvero alla loro potenza (kW) perciò, a parità di costo per kW, più ore di producibilità vi sono in un sito, maggiori sono le probabilità che l'investimento abbia un ritorno economico.

Produrre 1 kWh con un grande impianto eolico costa all'incirca da 5 a 10 centesimi di euro, a seconda della producibilità del sito e delle difficoltà nel realizzarlo.

Investire in una centrale da 15 MW necessita di un spesa iniziale di circa 15 milioni di euro, due terzi dei quali per l'acquisto dei macchinari veri e propri e la parte rimanente per realizzare le interconnessioni, le vie d'accesso, le opere civili. Come per tutte le fonti energetiche rinnovabili i vantaggi rilevati sono relativi all'ambiente. Le centrali eoliche non inquinano, non producono gas serra, non innalzano la temperatura dei fiumi con i loro scarichi. La sua costruzione può richiedere la realizzazione di strade di accesso, magari attraverso zone pregiate e incontaminate. La realizzazione delle connessioni elettriche può costituire qualche problema di impatto sul paesaggio, ma questi sono aspetti gestibili con un'attenta progettazione.

La realizzazione di campi eolici non richiede, in genere, modificazioni del terreno, poiché vengono privilegiate soluzioni che minimizzano le operazioni di scavo e riporto, allo scopo di rispettare le morfologie naturali dei siti interessati. Sostanzialmente sono anche assenti le interferenze con il sottosuolo, in quanto ogni aerogeneratore ha una fondazione propria di dimensioni relativamente modeste e le piazzole di macchina che, per motivi di accessibilità durante i montaggi, hanno superfici iniziali di circa 500 mq, vengono successivamente ridotte a 200 mq, ripristinando le superfici eccedenti come “ante operam”.

Le strade di collegamento tra gli aerogeneratori, in genere, sfruttano al massimo viabilità e tracciati esistenti (carrarecce sterrate, piste, sentieri, ecc.) ed eventuali prolungamenti vengono realizzati in armonia col paesaggio preesistente. I cavi elettrici sono generalmente interrati e seguono tipicamente il tracciato delle strade e le cabine elettriche di consegna dell'energia vengono installate in prossimità delle sedi stradali esistenti nella zona circostante per ridurre l'impatto su porzioni vergini del territorio.

Le caratteristiche delle opere rendono solitamente trascurabile l'interferenza con i corsi d'acqua superficiali e con l'eventuale circolazione idrica sotterranea. Gli aerogeneratori, inizialmente rumorosi per la bassa prestazione delle macchine, hanno ormai velocità di rotazione contenute che risultano, in rumorosità, appena percettibili alla base della torre quando il vento è moderato (52 decibel, in pratica equivalente alla stanza di un'abitazione senza televisore o elettrodomestici accesi) e non percettibili a 400 metri nemmeno in caso di vento forte. Inoltre gli aerogeneratori producono più rumore quando maggiore è la ventosità, che a sua volta genera comunque un rumore di fondo molto più intenso, pertanto si intuisce che l'aspetto acustico non ha alcun impatto reale.

In diversi casi si è anche ipotizzato che, con le loro grandi pale, i campi eolici disturbassero la fauna e addirittura costituissero un pericolo per il volo degli uccelli. Nel primo caso la smentita viene direttamente dagli interessati poiché, non è raro, trovare animali

pascolare indisturbati sotto gli aerogeneratori, cinghiali migrare tranquillamente attraverso i campi eolici. Nel secondo caso può essere utile considerare che “collisioni” fatali di volatili dovute ad aerogeneratori risultano del 5 per mille delle morti dovute ad altri ostacoli creati dall’uomo, meno di un uccello ogni due aerogeneratori. L’aspetto più critico della tecnologia eolica è l’impatto paesaggistico. Il vento è impalpabile, ne avvertiamo la presenza solo per le conseguenze del suo passare: foglie che si muovono, mare che si increspa, sibili e fruscii. I mulini a vento invece si vedono, segnano il paesaggio, incidono sulla storia e sulla destinazione di utilizzo del territorio.

Se i mulini a vento sono divenuti il simbolo e l’elemento caratterizzante delle campagne olandesi, pochi sono abituati a vedere i loro più moderni poster ruotare le loro grandi pale all’orizzonte. Alcuni campi eolici, costruiti lungo i crinali di monti brulli degli Appennini, sono davvero suggestivi, sebbene alcuni generatori diffusi possono sembrare un’offesa all’equilibrio degli elementi del paesaggio e alla storia che il territorio racconta.

Gli aerogeneratori di grande taglia vengono accusati, per la loro dimensione, di deturpare il paesaggio. La critica è suggestiva, come la sensazione di bello e di brutto, e perciò la sua trattazione è complessa. Il paesaggio è un insieme di elementi estetici a cui ci abituiamo. Nessuno direbbe che i mulini antichi olandesi sono brutti, perché per la nostra generazione sono lì da sempre. Inoltre alla loro vista non è associata l’idea di impianto industriale, ma più quella di archeologia industriale, o di luogo di visita.

Il vento è uno spostamento di masse d’aria dovuto a dislivelli barici. Avviene perché il sole riscalda in modo ineguale diversi punti della terra. Le differenze di insolazione producono differenze di temperatura. Queste producono differenze di pressione e densità, le quali vengono compensate con i venti. Tutti questi fattori cambiano di anno in anno.

Dal punto di vista dei costi e dell’efficacia i limiti percepiti sono per l’appunto il costo, la discontinuità della produzione e l’impatto paesaggistico-ambientale. Al problema del costo segue una politica di prezzi sovvenzionati. Alla discontinuità si ovvia limitando

l'immissione in rete di produzione da fonte eolica. Alle resistenze a causa dell'impatto paesaggistico si risponde con studi nelle zone dove verranno posizionati gli aerogeneratori.

La riduzione del costo dell'energia eolica è un problema relativo alla ventosità del sito. I siti con ventosità alte, sfruttati nei primi anni dell'industria eolica, producono ad un prezzo più basso di alcune fonti fossili (gas naturale ad esempio). La ricerca di riduzione del costo riguarda perciò i nuovi siti di sviluppo, che non hanno risorse eoliche sufficienti a produrre a costo concorrenziale. A causa di ciò molte ricerche si rivolgono all'aumento di produzione della singola macchina. Infatti aumentando la produzione della macchina si riduce il peso percentuale dei costi fissi e con ciò il costo di produzione dell'energia.

Un importante limite per la diffusione dell'energia eolica è costituito dalla discontinuità della produzione. Oggi si stima che il limite corrisponda alla fornitura di percentuali di produzione superiori al 20% del totale, anche se in alcuni sistemi questo limite sembra già superato. Per ovviare a ciò si stanno studiando metodi e programmi per la previsione a breve della produzione. Poter prevedere la produzione di energia del giorno seguente consentirebbe l'aumento della percentuale di penetrazione e la stabilità della rete<sup>15</sup>. Altro modo per ovviare la discontinuità è l'utilizzo degli impianti di energia idroelettrica a bacino per stoccare l'energia prodotta da fonte eolica.

L'associazione tra l'immagine del mulino e l'idea di impianto industriale non è l'unico punto della questione, infatti esistono molti impianti industriali, anche grandi, che non suscitano polemiche. Essi però vengono concentrati in aree specifiche, mentre ciò è impossibile per gli aerogeneratori che devono essere localizzati in aree ventose.

Il costo di un impianto eolico di grande taglia è attorno a 1.000 euro per kW installato con scostamenti in funzione della grandezza dell'impianto, perché alcuni costi sono poco dipendenti dal numero di generatori (strade, connessione elettrica, costi generali) e possono essere suddivisi. La percentuale di costo relativa alle macchine dipende

15. Esiste un progetto di ricerca europeo sull'argomento, Anemos.

maggiormente dalla grandezza dell'impianto, ma anche in questo caso sono spesso inclusi il costo di trasporto e montaggio (tab.8).

**Tabella 8 – I costi dell'eolico**

<b>Elemento di costo</b>	<b>Sul totale</b>	<b>Per capitoli</b>	<b>Costo</b>
<b>Aerogeneratori (10 x 2 MW)</b>		<b>77,0%</b>	<b>€ 16.800.000</b>
Pale	15,4%		€ 3.360.000
Mozzi	1,5%		€ 336.000
Supporto pale	2,3%		€ 496.000
Controllo pale	2,9%		€ 640.000
Albero rotore	1,9%		€ 416.000
Supporto rotore	1,2%		€ 272.000
Moltiplicatore	10,0%		€ 2.176.000
Struttura portante	3,4%		€ 752.000
Orientazione navicella	2,5%		€ 544.000
Involucro navicella	1,2%		€ 256.000
Generatore	8,0%		€ 1.744.000
Controlli elettrici	5,4%		€ 1.184.000
Altri componenti	2,3%		€ 512.000
Torre	15,2%		€ 3.312.000
Montaggio	3,7%		€ 800.000
<b>Opere civili</b>		<b>3,6%</b>	<b>€ 780.800</b>
Fondazioni	2,8%		€ 608.000
Strade	0,8%		€ 172.800
<b>Linea elettrica</b>		<b>7,5%</b>	<b>€ 1.636.000</b>
Linea interna	1,6%		€ 356.800
Linea collegamento e sottostazione	5,9%		€ 1.280.000
<b>Altro</b>		<b>11,9%</b>	<b>€ 2.595.200</b>
Controllo a distanza	0,1%		€ 16.000
Monitoraggio ambientale	0,8%		€ 171.200
Progettazione e direzione dei lavori	3,8%		€ 832.800
Misurazioni e autorizzazioni	4,1%		€ 888.000
Finanziamento durante la costruzione	1,8%		€ 384.000
Altri finanziamenti, assicurazioni legali	1,4%		€ 304.000
<b>Totale</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>€ 21.812.800</b>

Fonte: Bartolazzi, 2006

L'investimento di un progetto eolico dipende da uno schema legislativo, che consente la vendita di energia elettrica non programmabile. In Italia questo schema è presente nella legge CIP6/92 e ribadito nel decreto Bersani del 1999. Inoltre lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabile non sarebbe possibile senza uno strumento che riconosca ai produttori il beneficio tratto dalla comunità per l'assenza di anidride carbonica, di inquinamento e spese sanitarie. Detto strumento è rappresentato dai certificati verdi. Il fatturato di un impianto eolico deriva dalla vendita dell'energia elettrica e dei certificati verdi. I costi, invece, sono legati alla manutenzione dell'impianto ed al pagamento degli interessi sui finanziamenti ed i prestiti bancari che si accendono per costituire il progetto.

### **5.3. La biomassa**

Con il termine biomasse si intendono i materiali di origine biologica non fossile. Si ricavano dai residui agricoli e colture energetiche specializzate, residui forestali, scarti dell'industria agro-alimentare e del legno, residui e reflui degli allevamenti zootecnici, la parte organica secca dei rifiuti urbani. Essi possiedono un potere calorifico che varia da un quarto a un terzo di quello del petrolio, a seconda del grado di umidità e della tipologia e, quindi, possono essere utilizzati come combustibile.

Il biogas è, invece, una miscela di metano ed anidride carbonica prodotta dalla decomposizione in assenza di ossigeno di materiale organico umido. Si forma spontaneamente nei depositi di materiale organico coperti da fango o acqua, all'interno di discariche di rifiuti urbani o dove si mettono a "digerire" i fanghi biologici provenienti dai depuratori delle acque reflue. Ha un potere calorifico pari a circa la metà del gas naturale e può essere utilizzato sia per il suo contenuto chimico sia per quello energetico, attraverso la combustione.

Biomasse e biogas sono considerate fonti rinnovabili il cui utilizzo (combustione), pur essendo sempre associato all'emissione di anidride carbonica (che contribuisce all'effetto serra), è "neutro" sull'ambiente

in quanto l'origine dei materiali deriva dalla fotosintesi clorofilliana, che utilizza la stessa quantità di anidride carbonica per convertire l'energia delle radiazioni solari in energia chimica nelle piante secondo la formula

La CO<sub>2</sub> emessa dalla combustione di biomasse o biogas altro non è che la restituzione della CO<sub>2</sub> originariamente sottratta all'atmosfera.

Le biomasse vengono utilizzate in maniera del tutto simile ai combustibili tradizionali. In alcuni casi vengono miscelate a carbone o lignite ed utilizzate nelle grandi centrali termoelettriche, contribuendo alla generazione di energia senza rendere necessari particolari investimenti in nuovi impianti specializzati. Le differenze più evidenti tra le diverse tipologie di combustibile utilizzato, gas, olio, carbone o biomasse, sono dovute ai sistemi di immissione e di combustione nella caldaia.

Il principio è simile a quello di un camino domestico e la combustione sviluppa fiamme alte che necessitano di grandi volumi per completare la reazione chimica. Nel caso di combustibili liquidi o gassosi si utilizzano appositi bruciatori progettati per iniettare il fluido in prossimità della fiamma, che è più omogenea e compatta, consentendo di realizzare caldaie più piccole. In questo caso la similitudine è con i fornelli da cucina.

L'approvvigionamento della biomassa ed il suo trasporto rappresentano ancora il principale ostacolo allo sfruttamento da coltivazioni intensive. La frammentazione dell'offerta pone, poi, problemi di affidabilità degli interlocutori nel lungo termine. Per realizzare un investimento che vale decine di milioni di euro e, specialmente, per ottenere finanziamenti dalle banche, è necessario ancorare al progetto accordi vincolanti di lungo periodo (15-20 anni) per la disponibilità (e il prezzo) del combustibile e per il ritiro dell'energia elettrica. L'impegno di un agricoltore di fornire biomasse per 15 anni è rilevante così come prevedere e tutelarsi da eventi difficilmente prevedibili quali l'incendio di un bosco o una grave siccità. Nel sud dell'Europa i progetti commerciali per l'utilizzo delle biomasse stentano a partire poiché non esiste un'industria del legno

molto sviluppata, né grandi latifondi in grado di fornire le necessarie garanzie bancarie a copertura degli impegni di lungo periodo.

Il costo dell'approvvigionamento della biomasse incide per oltre due terzi del valore del prodotto, rendendo allo stato attuale, queste centrali poco competitive; confrontandole non solo con il valore di mercato dell'energia elettrica alla fonte, ma anche con i valori sovvenzionati dell'energia rinnovabile in Italia, inclusivi di "certificati verdi".

La condizione degli impianti che ricevono la biomasse senza oneri di costo, perché localizzati, ad esempio, a bocca di segheria, e che quindi smaltiscono residui di lavorazione, è diversa.

La combustione diretta non è l'unica alternativa all'utilizzo della biomasse. Sono state messe a punto anche tecnologie alternative alla combustione diretta, quali la pirolisi e la gasificazione, e si sono sperimentate macchine diverse per l'utilizzo del gas prodotto, quali motori a combustione interna (derivati da quelli delle auto), turbine a gas, addirittura celle a combustione. Si è scelto di non fornire troppi dettagli sugli impianti, in quanto queste modalità sono tutte riconducibili alla combustione, prodotto ultimo della trasformazione della biomasse in energia.

Il materiale organico contenuto nelle discariche fermenta lentamente ad opera di microrganismi anaerobici, che "mangiano" i rifiuti, sprigionando, come sottoprodotto, il biogas. Questo, se non viene estratto in maniera opportuna, migra verso la superficie per poi disperdersi nell'atmosfera. A seconda delle condizioni climatiche e della tipologia dei rifiuti che contiene una discarica essa può produrre biogas in quantità apprezzabili per 20-30 anni dopo che ne è stata ultimata la copertura. Le moderne discariche sono ora dotate di un sistema di pozzi che aspirano il gas in profondità convogliandolo poi in apposite torce o verso dei motori (solitamente di tipo a combustione interna, quelli che si usano nelle automobili e nei camion) che sfruttano il potere calorifico del biogas per azionare un alternatore elettrico.

Il recupero energetico da biogas non si limita al gas prodotto nelle discariche di rifiuti urbani. Anche i fanghi provenienti dagli impianti di depurazione delle acque reflue possono essere trattati in appositi

digestori anaerobici, che danno luogo a biogas, utilizzabile per produrre energia elettrica di cui gli impianti di trattamento delle acque sono intensi consumatori.

#### **5.4. *L'idroelettrico***

Il mulino medioevale, ovviamente localizzato in prossimità del fiume, diventa il centro delle attività economiche e artigianali, il punto di incontro tra contadini, artigiani e mercanti, la sede di comunicazioni e informazioni per i villaggi e, in breve, anche un centro di potere.

I mulini sono rimasti un simbolo pubblicitario di purezza e semplicità di vita passata. Non più in uso, sono stati sostituiti dalle centrali idroelettriche, che consentono il recupero dell'energia idraulica dove questa è maggiormente disponibile e quindi anche in località difficilmente accessibili. La sua trasformazione in energia elettrica, ha il pregio di essere facilmente trasportabile. L'acqua, che non subisce alcuna trasformazione nelle caratteristiche chimico-fisiche, viene successivamente reimmessa nel suo corso naturale, alimentando gli utilizzi irrigui e idropotabili delle popolazioni a valle.

La tecnologia dei mulini prima e successivamente delle macchine idroelettriche si basa sulle deduzioni scientifiche di alcuni grandi del pensiero rinascimentale come Leonardo da Vinci e Galileo Galilei. Gli impianti idroelettrici sono costituiti dal complesso di opere idrauliche, macchinari ed apparecchiature, che consentono di trasformare l'energia potenziale dell'acqua in energia elettrica. In Italia i regimi idraulici stagionali delle Alpi e degli Appennini sono complementari. Sulle Alpi il minimo della portata si ha in inverno, quando il clima è troppo rigido per consentire lo scioglimento delle nevi mentre il massimo della portata dei fiumi si ha al disgelo, nei mesi da maggio a settembre; in tali condizioni l'idraulicità annuale dipende dalla quantità delle precipitazioni nevose invernali. Sugli Appennini la portata massima ha invece una punta tra febbraio e maggio e un'altra, di simile intensità, tra ottobre e dicembre. In questo caso la portata dei fiumi è direttamente legata alla stagionalità delle piogge. Tuttavia piogge

eccessive ed alluvioni non consentono l'utilizzo ottimale delle centrali ad acqua fluente tipiche della zona appenninica (quando piove troppo si produce meno energia idroelettrica). L'energia recuperabile dalla caduta dell'acqua aumenta con il dislivello e l'orografia dell'Italia, che con Alpi e Appennini, ha consentito al paese di fare uso rilevante dell'idroelettrico, che oggi copre circa il 19% del fabbisogno elettrico nazionale, contro il 3% della Germania, il 7% degli Stati Uniti. Piuttosto che di singoli impianti sui corsi d'acqua o di singoli laghi artificiali, in Italia il sistema idroelettrico consta di 1.900 impianti per 17.000 MW di potenza efficiente netta, che sono raggruppati lungo aste che abbracciano bacini imbriferi molti estesi. L'utilizzo delle risorse idriche è di norma affidato dallo stato o dagli enti pubblici preposti in concessione spesso a termine, e prevede, alla fine dell'utilizzo, il ripristino allo stato naturale o la cessione delle opere. La maggiore sensibilità all'impatto ambientale fa sì che le dighe moderne siano dotate di vasche di risalita per pesci per garantire la continuità biologica. Non esistono soluzioni valide per tutti i casi, ma l'attenta valutazione di ciascuna particolarità porta di solito a compromessi accettabili tra le esigenze di utilizzo della risorsa e le esigenze di preservare l'ecosistema. Le prescrizioni non riguardano solo la realizzazione delle opere, ma anche il loro utilizzo. Uno degli aspetti più dibattuti, ad esempio, è il deflusso minimo vitale, ovvero la quantità d'acqua che viene fatta defluire dall'opera di sbarramento, diga o traversa, nell'alveo del fiume "scavalcato" dai canali e dalle condotte. Tale quantità d'acqua andrebbe valutata a seconda delle specificità di ciascun sito e delle condizioni meteorologiche, e non come purtroppo avviene spesso con rigidi schemi contabili.

### **5.5. La geotermia**

Il termine "geotermia", dal greco<sup>16</sup> "calore della terra". Le manifestazioni dell'esistenza di questo calore, quali sorgenti calde e

16. *Geos, terra e thermos, calore.*

fumarole, sono strettamente collegate all'attività vulcanica e come questa sono state oggetto fin dai tempi antichi di timori, leggende, studi.

Il fenomeno dell'affioramento di fluidi ad alta temperatura non è solo un caso italiano, né tanto meno solo italiano è stato l'utilizzo del calore geotermico. Le condizioni di temperatura e pressione del fluido geotermico, vapore o acqua calda, dipendono dalla profondità e dalla temperatura e porosità della roccia. I sistemi idrotermali con acqua in fase liquida sono detti "ad acqua dominante", per distinguerli dagli altri, detti "a vapore dominante". Spesso al fluido si associano gas naturali (CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S), probabile effetto della lunga decomposizione di materiale organico preistorico e in alcuni casi sono disciolti sali e minerali.

Nella prima metà dell'ottocento si è utilizzato il vapore che scaturiva naturalmente dal terreno per riscaldare le vasche di evaporazione. Per incrementare la produzione si è sperimentata la perforazione di pozzi per raccogliere vapore di caratteristiche tali da poter essere utilizzato come fonte diretta di calore. L'utilizzo di pozzi diviene di routine dopo il 1850.

Già dai primi del novecento il geotermico diventa la principale fonte di alimentazione delle ferrovie e uno dei maggiori nodi energetici del paese, fino a raggiungere, durante la seconda guerra mondiale, la potenza complessiva di 128 MW, con una produzione annua di 900 milioni di kWh.

Identificato un possibile campo geotermico utilizzabile, viene acquisito un permesso di esplorazione ed, effettuate le prospezioni superficiali si realizzano i pozzi esplorativi per verificare l'effettiva presenza del serbatoio geotermico e valutarne le caratteristiche: temperatura, pressione, permeabilità, composizione chimica del fluido, potenzialità del sistema. L'attività di esplorazione per un campo adiacente a giacimenti noti può richiedere 15 milioni di euro di investimenti, coinvolgere 8-10 scienziati e 4 anni di ricerche, il costo delle sole perforazioni esplorative rappresenta il 90% del totale.

Confermata l'esistenza, le caratteristiche e la potenzialità del sistema geotermico, viene predisposto un progetto di sviluppo e viene acquisita la concessione di coltivazione; inizia quindi la vera e propria attività mineraria.

Le piazzole di perforazione sono aree industriali ampie almeno 4.000 mq, che ospitano la torre di perforazione, le vasche dei fanghi, gli impianti accessori e le strutture prefabbricate per il personale. Un cantiere di perforazione può durare anche un anno prima che il pozzo, divenuto produttivo, sia liberato dall'impianto di perforazione, dalle altre strutture e venga collegato al vaporetto, che trasferisce il fluido al luogo di utilizzo. L'area della torre di perforazione vera e propria è di circa 500 mq, progettata in modo che sia sempre sgombra di attrezzature per poter contenere, in sicurezza, eventuali esplosioni di vapore che si manifestano durante la perforazione. Una stima recente identificava la potenzialità della produzione da serbatoi geotermici noti in 80.000 MW, ovvero dieci volte l'attuale. Soltanto nei geysir si stima vi sia una potenzialità di 25.000 MW, mentre in passato si attribuiva al sistema Toscana e Lazio settentrionale una capacità di 2.000 MW, oggi ridotta a circa 1.000 MW per tener conto delle interazioni della necessaria integrazione con le attività commerciali e turistiche già esistenti nell'area.

A differenza di altre tecnologie rinnovabili, che non richiedono particolari infrastrutture o competenze locali, la geotermia comporta lo sviluppo di tecnologie raffinate, dalla geologia alla chimica (per il trattamento dei fluidi), dalla termodinamica alla meccanica pesante. In prossimità delle centrali geotermiche nascono quindi laboratori, officine attrezzate, servizi di perforazione.

I costi associati alla generazione geotermica devono perciò includere le infrastrutture tecnologiche necessarie all'esercizio efficace, che, pur variando ampiamente a seconda della tipologia del bacino e delle condizioni impiantistiche, sono valutabili in 2-4 centesimi di euro per kWh prodotto. Gli investimenti geotermici sono complessi, e richiedono tempi di attuazione lunghi, con l'assunzione di rischi non indifferenti: è necessaria una fase di prospezione e sviluppo del campo,

dagli esiti spesso incerti, che può rappresentare fino a due terzi del costo complessivo. Si devono poi realizzare i vapordotti e le centrali, su territori estesi sui quali devono essere acquisite concessioni minerarie e servitù. La complessità dei progetti fa sì che raramente si intraprendano iniziative per piccole capacità, a meno di piccole aggiunte ad impianti esistenti. Nel settore ciascuna nuova iniziativa supera facilmente i 50 milioni di euro di valore e richiede 4-5 anni per essere portata a compimento. Gli operatori che possono permettersi questo tipo di investimento sono pochi (Enel GreenPower, le americane Calpine, Calenergy ed Unocal, l'ente statale messicano CFE, la Shell).

Le prospettive di crescita sono legate all'andamento del prezzo del petrolio, alla stabilità politica di alcuni dei paesi dove è presente la risorsa geotermica (per esempio in America centrale) ed alla crescita locale dei consumi (tipico il caso dell'Indonesia, che ha potenza geotermica inutilizzabile perché eccedente l'attuale domanda elettrica).

## **6. Crescita economica ed aumento dei consumi vs risparmio energetico**

I recenti sviluppi legislativi in Europa ed in Italia, hanno finalmente segnato una svolta efficace verso lo sviluppo di una nuova politica dell'efficienza energetica. Il trend sempre crescente della domanda energetica, le nuove tensioni internazionali che minano la stabilità dell'approvvigionamento, le implicazioni ambientali legate allo sfruttamento delle risorse, rappresentano i fattori essenziali che spingono le politiche dei principali paesi industrializzati verso la diversificazione delle fonti energetiche, ma anche, e soprattutto, verso l'ottimizzazione dei sistemi energetici ai fini di un risparmio sempre più consistente nei consumi. È in questo scenario che si pongono i principali presupposti per una definitiva affermazione delle tecnologie e delle procedure di efficienza energetica.

Le politiche energetiche hanno subito, nel corso degli anni, radicali cambiamenti. Le principali cause di questo cambiamento sono essenzialmente collegate a due fattori.

In primo luogo, vi è l'abbandono della logica di considerare la domanda di energia come un fattore esterno e non influenzabile rispetto ai problemi legati all'offerta della stessa, cioè, la priorità delle principali politiche energetiche è stata sempre quella di garantire lo sviluppo economico e la competitività del sistema produttivo nazionale attraverso misure volte ad affermare sia la sicurezza degli approvvigionamenti, sia l'accessibilità, in termini di prezzo, dei prodotti petroliferi, caratterizzati da andamenti piuttosto altalenanti.

Il mercato energetico è stato, quindi, incentrato, negli ultimi anni, su politiche di intervento fortemente sbilanciate sul lato dell'offerta.

Il secondo fattore di cambiamento è correlato alla stessa struttura del mercato energetico. Storicamente, infatti, i mercati europei dell'energia, da sempre inquadrati come monopoli naturali, prevedono l'azione diretta dei governi nelle politiche energetiche attraverso le imprese campione nazionali, che sono semplicemente enti pubblici monopolistici. In questi casi, oltre al controllo delle politiche di indirizzo, il monopolista interviene anche su questioni di carattere ingegneristico quali la scelta delle migliori soluzioni tecnologiche da adottare attraverso l'imposizione di una rigida normativa alla quale spesso vengono accompagnate anche misure di incentivazione alquanto generoso come i contributi a fondo perduto a copertura degli investimenti iniziali.

Il 1973 e la sua crisi energetica mondiale può essere considerato come origine di una svolta epocale nella concezione dell'energia. Tutt'oggi questa svolta non si può ancora considerare del tutto completa. In quell'anno è iniziato un processo che ha portato in breve a considerare l'energia non più come semplice mezzo per le attività della vita civile, ma come vero e proprio fattore di primaria importanza strategica nella geopolitica mondiale.

La crescita economica, conseguita attraverso l'aumento della produzione e dei consumi, continua a essere l'unico grande obiettivo dell'economia mondiale, trascinando la crescita dei consumi energetici, compensando e superando l'effetto di contenimento dovuto a un aumento significativo, ma anche ampiamente insufficiente,

dell'efficienza energetica nei processi produttivi. Il legame fra crescita economica e consumi energetici rimane stretto nonostante qualche debole segnale di allentamento. Solo tre eventi hanno rallentato questa crescita negli ultimi 30 anni: l'aumento del prezzo del greggio del 1973, quello del biennio 1979-80 ed un clima particolarmente mite negli anni novanta. Secondo le più recenti stime delle Nazioni Unite, la popolazione mondiale crescerà a partire dagli attuali 6 miliardi fino a raggiungere nel 2020 i 7,4 miliardi. Come conseguenza, i consumi mondiali di energia primaria nel 2020 saranno cresciuti del 57% rispetto al 1997 ed il mondo continuerà a dipendere dai combustibili fossili. Un terzo dei consumi di energia primaria saranno supportati dal petrolio, nonostante si preveda il suo esaurimento entro il 2050, un quarto dal carbone e poco di più dal gas naturale. Continuerà il progressivo declino del nucleare, che passerà al 5% mentre le fonti energetiche rinnovabili, pur crescendo in termini assoluti (2.85 annuo), rappresenteranno solo il 5% del totale. In particolare, l'idroelettrico diminuirà la sua incidenza percentuale, mentre eolico, biomassa, biogas, geotermico e solare aumenteranno. Lo scenario energetico che ne consegue è davvero inquietante:

- i consumi mondiali di energia e le relative emissioni di CO<sub>2</sub> continueranno stabilmente ad aumentare;
- i combustibili fossili continueranno a dominare lo scenario energetico coprendo il 90% dei consumi;
- diverso andamento demografico nei paesi in via di sviluppo farà crescere la domanda energetica totale più rapidamente di quella dei paesi industrializzati;
- continuerà il divario tra il consumo pro capite dei paesi industrializzati e quelli in via di sviluppo;
- le emissioni di CO<sub>2</sub> nel 2010, nonostante le politiche, le misure e gli impegni sottoscritti nei paesi industrializzati, saranno notevolmente più alte rispetto agli obiettivi previsti dal protocollo di Kyoto.

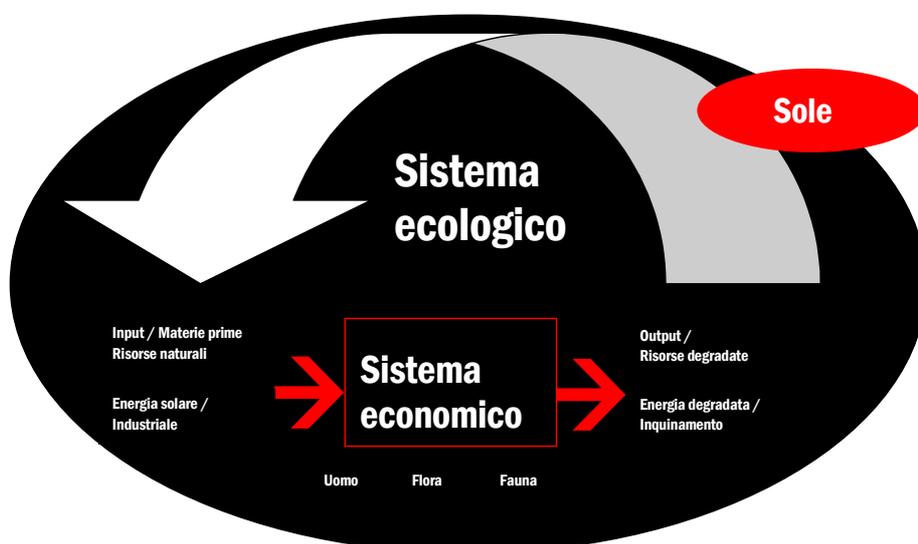
Le centrali di energia rinnovabile tendono ad essere più ingombranti delle centrali tradizionali. È soprattutto per questo motivo che vengono osteggiate. Nell'idroelettrico sono necessarie dighe che sommergono

vaste zone, nell'eolico gli aerogeneratori si vedono a grandi distanze mutando il paesaggio, a volte migliorandolo. Nel fotovoltaico, quando la produzione sarà rilevante serviranno grandi estensioni di pannelli, anche se integrati, sulle abitazioni. Lo stesso geotermico modifica il paesaggio con i suoi vapordotti, anche se la fonte, in questo caso, non è dispersa, ma concentrata nel sottosuolo. Non fanno eccezione le biomasse, per le quali le estensioni di alberi o di colture energetiche, pur vastissime, non vengono percepite come intrusive, mentre gli impianti sono, a parità di potenza, più grandi degli impianti tradizionali. Nella logica economica tutto ha un prezzo. I cosiddetti beni senza mercato, o beni comuni, non vengono considerati "di valore" finché non diventano "scarsi". La "scarsità" delle risorse, o meglio la consapevolezza della loro limitata disponibilità, viene regolata dai meccanismi di mercato. L'ambiente e le risorse ambientali in generale non sono stati considerati all'interno del sistema economico finché hanno assolto al loro compito di "raccoglitori" di rifiuti senza problemi. In realtà se consideriamo la rappresentazione di Daly ne deduciamo che l'ambiente non appartiene al sistema economico, bensì è l'uomo che tenta di "capovolgere" l'organizzazione del sistema ecologico e far diventare quello che è un sottosistema, il sistema stesso (fig. 4).

L'inconsapevolezza dei "cosiddetti limiti" ha portato ad un uso smodato delle risorse ed a cercare di capire quali potevano essere, in primo luogo, le risorse esauribili e/o scarse. In secondo luogo a determinare quali di queste risorse facessero diminuire il sistema di "carrying capacity".

La questione si sposta dunque sul considerare quali potevano essere le risorse che, permettessero, tenendo conto degli attuali stili di vita (bisogni/desideri), tecnologie e risorse "più disponibili" o rinnovabili a cui fare riferimento. Pertanto si creano varie alternative di interesse per il superamento dei limiti; affrontati forse troppo agli "estremi" del processo (*economia vs ecologia*). In realtà la questione diventa complicata nel momento in cui si lascia "parlare" l'attore "muto" del processo, cioè l'ambiente.

Figura 4 – Sistema ecologico



Fonte: Rielaborazione da Casoni e Polidori, 2002

La domanda frequente è se il superamento dei limiti si può ottenere all'interno dello stesso sistema e con gli stessi strumenti che li hanno creati. Pertanto "internalizzare" le risorse naturali, in un meccanismo di mercato, non è sempre efficace. Sarebbe utile cercare un sistema alternativo per migliorarne la gestione. Ad esempio, se l'acqua sta diventando una risorsa scarsa, privatizzare gli acquedotti per permettere ai privati una migliore gestione del sistema non è "la" soluzione perché mancherebbe il soggetto idoneo alla tutela del pubblico e delle generazioni future. Sarebbe, quindi, utile sperimentare altri sistemi per la gestione delle risorse scarse o di quelle rinnovabili. Probabilmente potrebbe essere complicato ed allora si cercano di individuare le cause a scala macro del problema della scarsità delle risorse perché l'inquinamento ed i danni al sistema economico sono effetti indotti e/o esterni del processo e non sono stati affrontati come priorità, ma, se vogliamo, come *second best*. Ed allora:

- si cambiano le risorse perché quelle scarse costano troppo;

- si cambiano le risorse per mettere in moto l'economia;
- si cambiano le risorse per dare meno "valore" al denaro;
- si cambiano le risorse per dare maggiore "peso" ad altro;
- si cambiano le risorse perché quelle esistenti si sono dimostrate a vario livello (tipologia, nel tempo, ecc.) dannose per l'uomo, per l'economia ed anche per l'intero ecosistema;
- si cambiano le risorse per creare nuove attività (inversione dell'economia);
- si cambiano le risorse per interessi politico-economici.

Il tentativo è "ridurre" l'uso delle risorse scarse, ma ciò potrebbe essere anche scambiato per una manovra per farne alzare il prezzo ed allo stesso tempo rivolgersi ad altre risorse per permettere l'implementazione di nuove tecnologie compatibili con queste al fine di consentire di mantenere lo stesso tenore di vita e di produzione. Il "tasso di estrazione" delle risorse scarse può essere ricalibrato mediante la riduzione, da parte degli utenti, dei consumi soprattutto energetici, ma anche idrici e di riscaldamento ed, allo stesso tempo, promuovere il passaggio ad altre forme energetiche, le cosiddette "rinnovabili" presenti sotto diverse forme sia all'interno che all'esterno del sistema ecologico.

L'avvio di una politica di tutela ambientale e di uso efficiente delle risorse è stata agevolata da alcuni importanti eventi ed evoluzioni di parametri di mercato:

- l'entrata in vigore del protocollo di Kyoto il 16 febbraio del 2005 ed il conseguente obbligo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, per l'Italia il 6,5% in meno rispetto al 1990 entro il 2010;
- la crescente dipendenza energetica da combustibili fossili da stati esteri;
- l'elevato prezzo del petrolio;
- la lentezza e gli ostacoli nell'implementazione delle rinnovabili.

Pertanto l'esigenza di accrescere l'efficienza negli usi finali sta diventando una questione molto rilevante nelle politiche per la protezione del clima e riduzione dell'inquinamento anche in Italia dove è evidente la carenza soprattutto nel settore civile e residenziale. Il

parametro dell'efficienza energetica ha incontrato notevoli ostacoli ad imporsi nel settore edilizio in Italia: mancanza di convinzione istituzionale, limitato interesse di progettisti e costruttori, ma soprattutto un sufficiente grado di sensibilità e cultura degli utenti in grado di determinare, dal basso, una forte domanda di qualità energetica. Il risultato è che il patrimonio architettonico ed edilizio italiano è insufficiente sia dal punto di vista dell'involucro, che degli impianti, perciò esso, con una percentuale di circa il 40%, contribuisce alle emissioni in atmosfera dei gas climalteranti. Attualmente una nuova sensibilità verso l'ambiente e, soprattutto, la crescente necessità di salvaguardare le risorse non rinnovabili e di limitare le emissioni di sostanze nocive ha condotto all'elaborazione e sviluppo di tecnologie avanzate per un impiego più razionale dell'energia stessa e per un indurre un consumo sensibilmente ridotto nel campo delle costruzioni, sia in termini di realizzazione, sia di conduzione.

Qualunque sia la metodologia adottata, le soluzioni tecnologiche comunemente perseguite per migliorare l'efficienza elettrica sul lato della domanda sono (Zorzoli, 2005):

- il rifasamento elettrico dei carichi;
- l'installazione di motori elettrici ad efficienza più elevata o l'ottimizzazione dei relativi sistemi di regolazione e gestione, in particolare mediante controllo elettronico della loro velocità;
- installazione di sistemi automatici di accensione, spegnimento e regolazione dell'intensità dei sistemi di illuminazione (dai più tradizionali temporizzatori e sensori di occupazione a sistemi che attenuano l'illuminazione delle zone periferiche quando è disponibile illuminazione naturale);
- installazione di sistemi di illuminazione più efficienti (lampade fluorescenti a diametro ridotto e migliore resa di colore, alimentazione elettronica ad alta frequenza in luogo di reattori elettromagnetici, riflettori speculari e a geometria ottimizzata, lampade alogene con filtri per la radiazione infrarossa, deviatori e diffusori della luce naturale verso l'interno dell'edificio sono alcune delle opzioni più interessanti);

- installazione di apparecchiature a basso consumo in stand-by o di dispositivi per la riduzione del consumo in stand-by di apparecchiature esistenti;
- sistemi di posizionamento in stand-by di apparecchiature di uso saltuario;
- sistemi di spegnimento automatico di apparecchiature in stand-by;
- interventi per la riduzione della domanda di energia elettrica per il condizionamento (migliore isolamento termico degli edifici, controllo della radiazione entrante, ecc.);
- elettrodomestici e apparecchiature per ufficio ad elevata efficienza.

In Italia, come in Europa, si è spostato l'obiettivo dall'autonomia energetica a quello della tutela e della salvaguardia dell'ambiente, con lo sviluppo dei processi di liberalizzazione, tendendo, altresì, a fuoriuscire dal modello comando/controllo, tipico di una logica di programmazione, per porsi, principalmente, come strumento di regolazione e di indirizzo del mercato.

Per quanto concerne l'Italia, il provvedimento più rilevante riconducibile al modello comando/controllo è diventato la legge n. 10/913, che prevede di promuovere l'uso razionale dell'energia e le fonti rinnovabili, mediante contributi pubblici in conto capitale sia per gli studi di fattibilità sia per la realizzazione di impianti, nonché, nel caso di proposte ad alto contenuto di innovazione, per progetti dimostrativi.

Un'importante innovazione introdotta dalla legge è stata quella relativa alla istituzione degli *energy manager*. Gli operatori industriali con un consumo di energia superiore al 10 ktep/a e quelli nel civile, terziario e trasporti, con un consumo annuo di energia superiore a 1 ktep/a, devono nominare un responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia, *energy manager*, con il compito di individuare azioni, interventi, procedure e quant'altro necessario per promuovere l'uso razionale dell'energia, comunicandone il nominativo al Ministero dell'Industria. I risultati sono stati, però, di molto inferiori alle aspettative, prima per la riduzione e poi per l'annullamento dei fondi pubblici previsti a causa della crisi delle finanze pubbliche, ma anche

per la mancata emanazione di una serie di decreti applicativi e per i ritardi e le inefficienze burocratiche delle amministrazioni pubbliche, soprattutto a livello regionale e locale, impreparate a svolgere i compiti che la legge 10/91 affidava loro.

Sulla base di quanto previsto dal decreto 79/99, che ha dato il via al processo di liberalizzazione del mercato elettrico italiano, è stato pertanto varato un provvedimento per promuovere l'efficienza sul lato della domanda, per molti versi analogo a quello in atto (e già collaudato) nel Regno Unito e in Australia e in via di adozione da parte di altri paesi. Anche la stessa Commissione Europea ha espresso un orientamento favorevole in tale senso.

Il decreto sull'efficienza energetica nel settore elettrico, ne esiste uno analogo per il gas, è stato emanato una prima volta nell'aprile 2001, ma per una serie di difficoltà, alcune intrinseche alla sua stessa formulazione, ha avuto una seconda edizione a metà 2004 (Zorzoli, 2005).

I distributori di energia elettrica con oltre 100.000 clienti possono realizzare gli interventi in proprio o acquisire un numero equivalente di Titoli di efficienza energetica (Tee), denominati "certificati bianchi", da terzi che li hanno realizzati, in modo cioè del tutto analogo a quanto avviene per le fonti rinnovabili con i certificati verdi.

Infine il compito di realizzare interventi da parte di soggetti diversi dai distributori spetterebbe alle Energy Services Companies (Esco), molto attive in altri paesi, in particolare negli Stati Uniti, mediante l'evoluzione della legislazione federale sull'energia a partire dagli anni settanta, culminata nella legge del 1992, *Energy Policy Act*, che riafferma l'interesse nella conservazione dell'energia.

Nate per erogare alcuni servizi a progetti di miglioramento dell'efficienza energetica, le Esco si occupano di: finanziamento parziale o totale dei progetti energetici; contratti di servizio per identificare e installare i dispositivi richiesti nei programmi di efficienza energetica; gestione dei programmi di efficienza energetica in risposta ai bandi di gara di emessi dalle imprese per il risparmio di determinate quote di energie e di potenza.

Le Esco riducono i rischi e il fabbisogno di capitali dei proprietari di impianti industriali, commerciali, ma anche residenziali, tramite l'assistenza finanziaria, che può assumere modi diversi: partecipazione ai risparmi di energia, leasing, ecc. Si comportano come agenti intermedi tra la tradizionale azienda elettrica e l'utente, attivi nella commercializzazione delle nuove tecnologie, nel curare le installazioni presso l'utente e nella successiva gestione del servizio.

Se vi sono svantaggi, essi dipendono dal fatto che le Esco scelgono solo programmi consolidati dal punto di vista dei risultati e la loro intermediazione assottiglia per l'utente il margine dei benefici economici legati all'entità dei risparmi possibili, ma il loro campo di intervento, non esclusivamente elettrico, ne fa uno strumento molto interessante.

In Italia le Esco sono state storicamente quasi assenti pertanto, l'attuazione di una politica di uso razionale dell'energia, è resa ancora più ardua, indipendentemente da come sono congegnati i decreti sull'efficienza energetica.

È probabile che il costo dell'energia, inarrestabile e continuo, sia il vero motore della ventata di sostenibilità del processo edilizio che si percepisce ai vari livelli. Case efficienti o eco-efficienti, fonti energetiche rinnovabili che diventano un "must" della nuova edilizia, tecnologie per l'involucro più attente agli aspetti energetici sono elementi ricorrenti e argomenti sui quali si discute. Un primo segnale di consapevolezza si sta diffondendo tra gli operatori del settore, progettisti, costruttori, aziende, e anche tra gli utenti molto più sensibili nel valutare in fase di acquisto anche le qualità nascoste dell'edificio che, se trascurate, si pagano a caro prezzo negli anni. La certificazione energetica rappresenta un po' la sintesi di tutte le soluzioni tecniche e progettuali, che fanno crescere la qualità dell'edificio: un solo indicatore, un numero o una lettera che sintetizzano il tutto in modo efficace, soprattutto comprensibile per chi deve scegliere. La certificazione energetica esiste, pur nelle sue diverse interpretazioni, a livello locale. Esiste a Bolzano come a Milano e nelle diverse procedure messe a punto da enti privati di certificazione. Questi

vengono stimolati, il più delle volte, dai costruttori. Il rispetto della coerenza con la direttiva 2002/91/CE, la valorizzazione delle esperienze locali, alcune delle quali sono operative ed ampiamente supportate dagli Enti locali competenti, e la definizione di criteri unificati che consentano di gestire in modo intelligente, ma soprattutto coerente con le strategie nazionali in tema di programmazione energetica sono dati dalla certificazione stessa.

### **6.1. Tipologie edilizie a basso consumo**

I consumi di energia per garantire livelli ottimali di comfort estivo ed invernale nei diversi ambienti risultano molto elevati nonostante gli standard indicati dalle diverse normative tecniche emanate al fine di contenere i consumi stessi attraverso una maggiore attenzione progettuale ai punti critici della costruzione stessa.

Il fabbisogno annuo di energia per il riscaldamento/raffrescamento per unità di spazio confinato è il parametro di riferimento, che indica la “sostenibilità” della costruzione in rapporto ai consumi di energia primaria, che le attuali strategie progettuali tendono sempre di più a contenere. Tale fabbisogno si calcola valutando le dispersioni termiche attraverso le quali, si giunge al calcolo dei consumi. La conoscenza del valore di consumo finale di energie e delle corrispondenti perdite permette una giusta valutazione nella fase progettuale dei punti critici della costruzione sui quali intervenire per raggiungere valori accettabili dei consumi stessi.

Da tempo anche in Europa si è largamente affermato il principio della casa a basso consumo energetico, *low energy house* (Leh). Ciò anche per la promozione da parte della Commissione Europea di numerosi programmi di ricerca e alla realizzazione di prototipi dimostrativi. Tutti progetti fondati sul raggiungimento di tale obiettivo.

La direttiva 2002/92/CE, relativa al rendimento energetico nell’edilizia, rappresenta una misura attesa e necessaria se comparata con la crescita rapida dei consumi nel settore edile. Tale direttiva arriva

a valle di differenti percorsi seguiti dai diversi stati europei nell'approccio alla sostenibilità.

La Germania, ad esempio, è tra i paesi più popolati d'Europa e grandi sono le sue responsabilità in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>. Nel 2000 ha fissato come obiettivo per il 2005 la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> di circa il 25% rispetto a quelle del 1990, un taglio di circa 35 milioni di tonnellate. Il governo applica misure di risparmio energetico negli edifici vecchi e nuovi con uno sviluppo accelerato delle tecniche che utilizzano energie rinnovabili, supportate da normative severe. Difatti la classificazione tedesca per gli edifici, per quanto riguarda soprattutto i consumi energetici per il riscaldamento, ha rappresentato un esempio per gli altri stati europei (tab. 9) (Gauzin-Muller, 2003).

**Tabella 9 – Consumi energetici per riscaldamento secondo il tipo di abitazione e normativa misurati in kWh/mq all'anno**

	<b>Casa unifamiliare</b>	<b>Case a schiera</b>	<b>Abitazioni collettive</b>
<b>Parco abitazioni</b>	260	190	160
<b>Normativa termica 1982 (valore max)</b>	150	110	90
<b>Normativa termica 1995 (valore max)</b>	100	75	65
<b>Case a basso consumo</b>	< 70	< 60	< 55

Alla classificazione va aggiunta la *casa passiva*, introdotta sperimentalmente in Assia, uno dei Länder tedeschi più attivi sulle tematiche ambientali, da Wolfgang Feist, direttore del Passive Haus Institut. Il requisito fondamentale per questo tipo di edifici è un consumo di energia inferiore a 15 kWh/mqa. Con l'utilizzo di sistemi energetici ad elevata efficienza come ventilazione meccanica con scambiatore di calore, collettori solari, il consumo totale di energia, incluso quello elettrico, arriverà al massimo a 30 kWh/mqa.

Un criterio per classificare gli edifici è dato dall'efficienza energetica, attraverso il consumo energetico specifico, cioè il consumo

energetico annuale al metro quadro di superficie abitabile e riscaldata (kWh/mqa). Il consumo energetico specifico è un indicatore utile poiché permette una rapida valutazione dell'efficienza energetica di un edificio.

Gli attuali standard energetici si possono suddividere in diverse classi (Wienke, 2002):

- edifici vecchi che non corrispondono ancora alle più recenti normative sul risparmio energetico;
- edifici che corrispondono alle normative;
- edifici a basso consumo energetico;
- edifici passivi;
- edifici a consumo nullo.

In Italia sembra accentuato il distacco tra la percezione ambientale dell'opinione pubblica e la traduzione nelle politiche. Il tema ambientale diventa, così come in Europa, un tassello della competitività e la qualità ambientale indicatore della qualità gestionale. Investire in qualità ambientale non significa investire nella tradizione, conservare, museificare pezzi di natura, di territorio e paesaggi, ma mettere a valore, per il benessere di chi ci vive e poi per produrre lavoro e ricchezza, le risorse inespresse accumulate nel paese e mettere insieme capacità di innovazione, tecnologie, fantasia creativa, storia.

Nel 2001 le emissioni lorde di gas climalteranti in Italia hanno superato i 545 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti ad una crescita, rispetto al 1990, del 7,3%, ben lontana, quindi, dagli obiettivi di Kyoto. Per tentare di raggiungere gli obiettivi del protocollo di Kyoto occorre una politica basata su specifiche linee d'azione (Bianchi, 2004):

- efficienza nell'uso delle risorse energetiche, dei processi e dei prodotti;
- sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili;
- conversione ambientale del parco termoelettrico tradizionale;
- conversione del sistema della mobilità.

Sul versante delle politiche del risparmio e dell'efficienza energetica, la situazione italiana ha interessanti prospettive che, però, tardano a diventare realtà. Un esempio è rappresentato dai decreti del

2001 che obbligano i distributori di energia elettrica e gas a svolgere un ruolo attivo sul versante dell'efficienza energetica. Il ritardo nell'attuazione e le successive modifiche dei decreti del 2004 hanno determinato uno slittamento della definizione delle linee guida e, di conseguenza, degli interventi. Tuttavia non mancano esempi di "best practices" sia in Italia che in Europa.

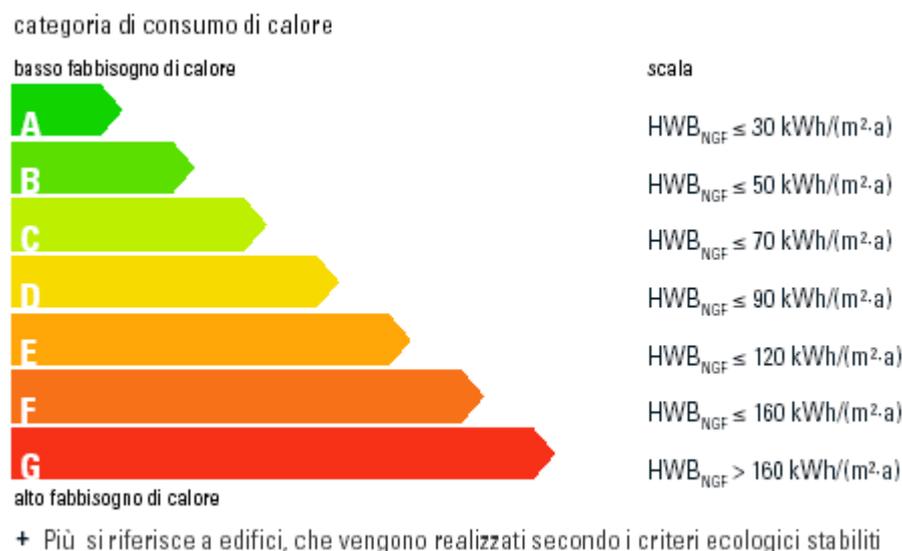
## ***6.2. La certificazione per l'edilizia a basso consumo***

L'introduzione nelle costruzioni di elementi di novità derivanti dalla realtà sociale e culturale e dall'evoluzione tecnologica ha sempre rappresentato un compito di grande rilievo per costruttori edili ed architetti. La consapevolezza sulla limitazione delle risorse, in particolare dell'energia di origine fossile, e la conoscenza sui loro effetti negativi sul clima e sull'ambiente in generale, hanno contribuito alla concezione di nuovi stili architettonici. Gli edifici ad alta efficienza energetica richiedono una progettazione interdisciplinare in cui devono confluire elementi di tecnologia edile, di fisica dei materiali di costruzione e l'analisi delle caratteristiche dell'area edificabile. Si tenga infatti presente che una ristrutturazione con rivalutazione energetica di un edificio già esistente è caratterizzata da maggiore dispendio economico e logistico. In Italia è interessante la sperimentazione, ormai diventata una realtà concreta, nella Provincia Autonoma di Bolzano della "Certificazione CasaClima" (fig. 5).

Per gli edifici che presentano un grado particolarmente alto di efficienza energetica viene riconosciuta la certificazione CasaClima e consegnata una targhetta da esporre all'esterno. Gli edifici che si rivelano altamente efficienti sotto il profilo energetico e soddisfano requisiti di eco-compatibilità vengono contrassegnati con la targhetta CasaClimapiù.

Il certificato contiene una valutazione del fabbisogno termico annuale riferito alla superficie ed illustra la qualità termica della struttura di quest'ultimo.

**Figura 5 – Certificazione CasaClima**



Fonte: Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Aria e Rumore, 2005

La classificazione in categorie per il consumo permette di effettuare in modo semplice e comprensibile una valutazione energetica dell'edificio. L'edificio prescelto viene inserito nella classificazione "CasaClima A" se ha un indice di calore inferiore a 30 kWh/mq per anno, o nella "CasaClima B" se l'indice di calore è inferiore a 50 kWh/mq per anno. Per questa classificazione ed il relativo calcolo dell'indice di calore per il riscaldamento dell'edificio vengono presi a riferimento i dati climatici di Bolzano. Gli indici di calore calcolati con i dati climatici del comune di appartenenza vengono, a questo scopo, ricalcolati sulla base della tabella di calcolo dei dati climatici di Bolzano.

Il contrassegno "CasaClimapiù" è per gli edifici ad uso abitativo che si contraddistinguono in ragione di una metodologia costruttiva rispettosa dell'ambiente. Scopo di questa metodologia costruttiva è la realizzazione di edifici a basso consumo energetico ed eco-compatibili

attraverso un accorto sfruttamento delle risorse naturali. Fattori decisivi di tale metodologia costruttiva ed eco-compatibile sono lo sfruttamento di risorse energetiche rinnovabili e l'ottimizzazione del loro utilizzo, nonché l'impiego di materiali da costruzione che, nei processi di fabbricazione, uso e smaltimento, apportino il minor danno possibile all'ambiente. L'indicazione dei materiali ecologici, da allegare alla richiesta, deve corrispondere ai dati della scheda tecnica. Per il conferimento del contrassegno CasaClimapiù si devono soddisfare i sei criteri di seguito descritti:

- fabbisogno termico per il riscaldamento inferiore ai 50 kWh/mq all'anno;
- nessun utilizzo di fonti energetiche di origine fossile;
- nessun utilizzo di isolanti termici sintetici e/o contenenti fibre nocive;
- nessun utilizzo di pavimenti, finestre e porte in Pvc;
- nessun utilizzo, per gli ambienti chiusi, di impregnanti chimici per il legno, di colori e vernici contenenti solventi;
- nessun utilizzo di legno tropicale.

Un basso fabbisogno termico per il riscaldamento stabilisce un criterio importante ed irrinunciabile per poter contrassegnare un edificio come eco-compatibile. Pertanto, prima ancora di prendere in considerazione la valutazione ambientale dei materiali e delle tecniche di costruzione, deve essere dimostrato l'indice termico e cioè che l'edificio soddisfi il criterio del fabbisogno termico per il riscaldamento. Tale indice termico è riferito alla superficie e deve risultare inferiore ai 50 kWh per metro quadro e per anno.

L'esperienza italiana di Bolzano è il seguito di alcune esperienze di sperimentazione e realizzazione di "casa passiva", in particolare quelle relative al sistema tedesco di Darmstadt, il *Passive House Planning Package* (Phpp<sup>17</sup>).

17. È stata realizzata una versione italiana del software Phpp1.0it capace di offrire le verifiche necessarie affinché un edificio possa essere definito "passivo". Attraverso la compilazione di opportuni fogli di calcolo si dimostra il raggiungimento dei requisiti dello standard energetico ed è inoltre possibile presentare la documentazione per ottenere la certificazione ufficiale di "casa passiva". Il software è costituito da fogli di calcolo collegati fra loro che permettono una lettura completa dell'edificio: fogli identificativi, rendimento energetico, scelte costruttive,

### **6.3. La casa passiva**

Il passo successivo nello studio degli edifici a basso consumo energetico ha riguardato un ulteriore abbassamento della soglia, con l'introduzione del concetto di "edificio passivo" (Ph) che è una versione raffinata di *low energy house*. Il Ph è realizzato in modo da garantire, al suo interno, un clima confortevole senza utilizzare sistemi attivi di riscaldamento e climatizzazione. In accordo con la definizione data da Adamson (1987) e Feist (1988), un edificio passivo è tale se il fabbisogno energetico utile annuo riferito alla superficie calpestabile risulta non superiore a 15 kWh/mqa. Tale valore limite deve essere raggiunto senza aumentare il consumo di altre forme di energia e, comunque, il consumo finale di energia non deve superare i 120 kWh/mqa. Con ciò risulta possibile ed estremamente facile coprire totalmente i vari fabbisogni energetici attraverso fonti rinnovabili di energia.

Costruire case a bassissimo consumo è possibile e necessario per raggiungere i sospirati criteri di sostenibilità. Il termine "casa passiva" si riferisce ad un particolare standard costruttivo basato sull'integrazione di tecnologie e materiali appropriati, che assicurano all'edificio elevata qualità abitativa e riduzione dei consumi energetici. Gli edifici, caratterizzati da un involucro altamente coibentato e privo di ponti termici, con ampie vetrate a sud, dotati di un sistema di ventilazione controllata con recupero di calore, sono in grado di sfruttare passivamente gli apporti solari e le sorgenti di calore interne di persone, apparecchiature, macchinari, illuminazione artificiale, senza necessitare di un impianto termico convenzionale per il riscaldamento invernale.

componenti impiegati, verifica del comfort interno durante l'estate, bilancio dei consumi elettrici impiegati e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>. Offre un calcolo semplificato basato su approssimazioni del comportamento reale dinamico dell'edificio ottenuti da altri software ad analisi dinamica. La procedura di calcolo del fabbisogno energetico termico utilizzata fa riferimento alla normativa europea ISO UNI 832 che ha unificato le diverse metodologie nazionali. Si presta inoltre a rispondere all'esigenza di adottare strumenti di certificazione energetica per gli edifici e di controllo della qualità.

Le case passive sono edifici che hanno un fabbisogno annuale di riscaldamento talmente ridotto da permettere di rinunciare ad un sistema di riscaldamento tradizionale: il calore necessario può essere apportato dall'aria immessa con il sistema di ventilazione. Per questo, l'effettivo valore del carico termico specifico deve essere minore o uguale a 10 Watt per metro quadrato di superficie netta riscaldata (W/mq). Anche nei giorni più freddi i carichi termici sono così bassi da rendere superflui altri sistemi separati di produzione e di distribuzione del calore. La realizzazione di case passive impone limiti restrittivi quali: bassi valori U, trasmittanza in funzione del clima, esecuzioni prive di ponti termici, eccellente tenuta all'aria dell'involucro edilizio, provata tramite test di pressione, *Blower Door Test*, secondo la UNI EN 13829<sup>18</sup>. Il semplice elenco dei singoli componenti adeguati alle case passive non è tuttavia ancora sufficiente per fare di un edificio una casa passiva: l'intero è più della somma delle sue parti. L'interazione tra i singoli componenti rende necessaria una pianificazione integrale, attraverso la quale si possono soddisfare gli standard per le case passive. Un ulteriore apporto energetico può essere fornito da una piccola pompa di calore che, comunque, non supera i 10 W/mq.

I calcoli termici sui quali si basa la progettazione di un edificio passivo tengono conto oltre che dell'isolamento termico, della permeabilità all'aria e della ventilazione dei locali. Per verificare le perdite di calore viene eseguito il *Blower Door Test* tramite un ventilatore abbinato ad una strumentazione che misura il flusso d'aria ed un manometro che indica la differenza di pressione. Il necessario ricambio d'aria all'interno degli edifici garantisce una qualità abitativa, ma impone anche un consumo energetico. Negli edifici passivi il sistema di ventilazione controllata con scambiatori a flusso incrociato che recuperano l'80% del calore dell'aria in uscita permette di aumentare il comfort e limitare i consumi. I ventilatori usati hanno una

18. Il valore n50 ottenuto dal test non deve superare 0.6 h-1, vetrate con bassi valori U in funzione del clima con elevato grado di trasmissione della radiazione solare, in modo da permettere anche in inverno un guadagno termico netto, finestre con bassi valori U in funzione del clima, se necessario, ventilazione con recupero termico (l'efficienza dello scambiatore dipende dal clima), dispersioni termiche minime per la produzione e la distribuzione di acqua calda, utilizzo altamente efficiente della corrente elettrica.

potenza inferiore ai 40 W o funzionano a corrente continua di 24 V prodotta da un piccolo pannello fotovoltaico.

I costi di una casa passiva sono più alti se paragonati ad una comune costruzione, ma sono concorrenziali rispetto a quelli degli edifici che rispondono alle normative sul risparmio energetico poiché l'eliminazione dell'impianto termico convenzionale compensa, in parte, l'aumento dei prezzi causato dal massiccio isolamento.

In Italia, grazie alle condizioni climatiche più favorevoli, i parametri degli edifici passivi si raggiungono con meno sforzi.

Riducendo tecnica e materiali impiegati, il consumo di un edificio passivo sarebbe pari a 15 kWh/mqa come nei paesi dell'Europa centrale, mentre, mantenendo gli accorgimenti tecnici degli stessi, con ogni probabilità si arriverebbe ad un valore prossimo allo 0.

Il termine "edificio passivo" è diventato, almeno nell'Europa centrale, un preciso standard energetico, che indica un edificio caratterizzato da un fabbisogno termico inferiore ai 15 kWh/mqa, cioè un settimo dell'energia mediamente consumata negli edifici residenziali italiani. Questo basso fabbisogno termico consente di riscaldare una casa esclusivamente con energie rinnovabili, senza l'ausilio di un impianto convenzionale di riscaldamento e senza diminuire il comfort abitativo, favorendo la riduzione dei consumi e, conseguentemente, dei costi di gestione.

Il concetto di edificio passivo è stato ideato, già nel 1988, da Wolfgang Feist, fondatore e direttore del Passivhaus-Institut Darmstadt in Germania, e da Bo Adamson dell'Università Lund in Svezia che, grazie ad un contributo finanziario del Ministero per l'Economia della Regione tedesca dell'Assia, hanno potuto eseguire gli studi preliminari. Il primo edificio passivo è stato realizzato solo pochi anni dopo, nel 1991, a Darmstadt-Kranichstein.

Tra il 1998 e il 2001 si è svolto il progetto europeo *Cost Efficient Passive Houses as European Standards* (Cepheus), nell'ambito del quale sono stati costruiti edifici passivi<sup>19</sup>. Il progetto ha incluso un

19. Complessivamente 221 unità abitative in 14 diverse località dell'Europa centrale e settentrionale, prevalentemente in Germania, Austria, Svizzera e Svezia.

ampio programma di monitoraggio e controllo per accertare i consumi energetici primari e finali per il riscaldamento e la produzione di acqua calda, nonché i consumi elettrici. Sono state rilevate anche le condizioni climatiche e il comfort abitativo. Con la realizzazione del progetto si è potuto dimostrare scientificamente che ridurre i consumi energetici negli edifici, nella misura di oltre il 70%, è fattibile e non una chimera.

La sperimentazione per gli edifici privati si è estesa anche a quelli ad uso amministrativo ed industriale. Trattandosi di un nuovo standard energetico, il monitoraggio scientifico dei risultati è essenziale per divulgarne ed implementare le esperienze.

Casi di abitazioni/edifici passivi sono presenti soprattutto a Bolzano ed in altre aree del nord Italia. Rimane ancora aperta la questione della realizzazione di edifici passivi nel centro e nel sud.

Gli edifici a basso consumo energetico stabiliscono un vero e proprio standard. Essi devono avere un consumo energetico per il riscaldamento compreso tra 25 e 60 kWh/mqa, il che è meno di un terzo dell'energia che si consuma in edifici normali. In questa categoria entra, per esempio, lo standard energetico svizzero, detto Minergie (da minimal energy). Lo standard fissa, per gli edifici residenziali, un consumo energetico massimo di 45 kWh/mqa per il riscaldamento, e altre 17 kWh/mqa per usi domestici di energia elettrica. Lo standard prescrive, inoltre, che il costo di costruzione non debba superare più del 10% quello di un edificio convenzionale. Per gli edifici costruiti prima del 1990 lo standard Minergie fissa un consumo ammissibile non superiore a 80-90 kWh/mqa.

Lo standard energetico di un edificio passivo stabilisce un consumo massimo di energia di 15 kWh/mqa per il riscaldamento e, inclusi l'illuminazione ed altri usi domestici, uno di 42 kWh/mqa. Detto standard si ottiene principalmente con le seguenti misure:

- un forte isolamento termico dell'involucro che riduce le perdite di calore;
- lo sfruttamento passivo dell'energia solare e delle fonti interne per il riscaldamento;

- una ventilazione meccanica controllata che recupera del calore dall'aria in uscita;
- la produzione dell'acqua calda con un collettore solare o una pompa di calore;
- uso di apparecchiature elettriche ad alta efficienza energetica.

La misura più importante è senz'altro l'isolamento termico che, in inverno, deve ridurre le perdite di calore fino ad un livello che consenta di rinunciare ad un impianto di riscaldamento convenzionale e di coprire il fabbisogno termico residuo con il sole ed altre fonti energetiche gratuite. L'energia solare captata dalle finestre può coprire già una buona parte del fabbisogno termico di un edificio passivo, ma il sole non è l'unica fonte di calore sfruttabile per il riscaldamento. Le persone, i corpi illuminanti e gli apparecchi elettrici accesi emettono del calore e anche l'aria in uscita contiene del calore che può essere recuperato.

In inverno, quando si aprono le finestre per ricambiare l'aria, si disperde molto calore. Per questo motivo negli edifici passivi sono in uso impianti di ventilazione meccanica controllata. Essi sono dotati di scambiatori che recuperano calore dall'aria in uscita e lo trasferiscono a quella in entrata e, se il calore recuperato è insufficiente per ottenere la temperatura desiderata, l'aria può essere ulteriormente riscaldata tramite una pompa di calore e l'acqua calda prodotta da un collettore solare.

Si può risparmiare energia non solo in inverno, ma anche in estate, soprattutto nei paesi mediterranei caratterizzati da elevate temperature estive. In questa stagione, gli edifici senza un sufficiente isolamento termico riscaldano facilmente sotto il sole e l'aria calda entra attraverso le finestre aperte. In condizioni di surriscaldamento si accende il climatizzatore e, da quando questi apparecchi sono disponibili a prezzi economici, i consumi estivi d'energia elettrica aumentano di anno in anno.

Le strutture di un edificio passivo sono coperte da un efficiente involucro termoisolante e non si riscaldano facilmente. Un surriscaldamento degli ambienti può verificarsi solo quando la luce

diretta penetra dalle finestre e l'aria calda si diffonde nell'edificio. Il passaggio della luce è facilmente evitabile con idonee schermature che ombreggiano le finestre, ma non evitano all'aria calda di invadere la casa, quando le finestre sono aperte. Negli edifici residenziali dell'Europa centrale, il caldo estivo non crea normalmente dei problemi e quindi non occorre provvedere ad un raffrescamento artificiale. Questo serve solo in edifici con facciate interamente vetrate, così come spesso si trovano negli edifici amministrativi. Il raffrescamento è di particolare importanza in regioni dove le temperature estive sono abbastanza elevate come nel centro e nel sud Italia. In quelle regioni il raffrescamento estivo è spesso più importante del riscaldamento invernale. In un edificio passivo l'aria calda può essere espulsa e sostituita con aria più fresca tramite l'impianto di ventilazione.

Gli edifici passivi finora realizzati hanno dimostrato che le misure di risparmio energetico non riducono, bensì aumentano il comfort abitativo. Sono, inoltre, anche economicamente sostenibili, perché il loro costo si recupera, in tempi ragionevoli, tramite i risparmi energetici ottenuti. Dopo le sperimentazioni dell'ultimo decennio, oggi gli edifici passivi possono essere costruiti anche a costi concorrenziali. Il costo della costruzione di un edificio passivo non è superiore del 10% di quello di un edificio costruito secondo le recenti normative sul risparmio energetico.

Pertanto i fattori da considerare nella progettazione di un edificio passivo sono:

- condizioni climatiche locali;
- orientamento dell'edificio;
- elementi ombreggianti nell'ambiente esterno;
- rapporto tra superficie dell'involucro e volumetria;
- disposizioni dei locali.

Per risparmiare energia un edificio deve essere progettato in rapporto alle condizioni climatiche del luogo.

Rispetto a quello italiano, il clima dell'Europa centrale è più rigido. Gli inverni sono più lunghi, e quindi anche il periodo di riscaldamento è maggiore. Le temperature minime sono più basse e possono scendere,

per breve tempo, anche sotto i  $-20^{\circ}\text{C}$ . Il cielo rimane coperto più a lungo e la piovosità è più alta. Nel centro e nel sud Italia gli inverni sono più miti, le temperature stagionali più alte e il sole splende più frequentemente.

Un grossolano indicatore delle condizioni climatiche locali sono i gradi giorno. Un alto numero di gradi giorno indica un clima invernale freddo e un'elevata rilevanza del "riscaldamento". Per avere un paragone: in Germania il numero medio dei gradi giorno è di 3.500, mentre la media italiana si attesta intorno ai 2.500. In Italia i gradi giorno variano sensibilmente da nord a sud, passando da un estremo massimo di 5.165 di Sestriére (TO) ad un minimo di 568 delle fortunate isole di Lampedusa e Linosa (AG).

Sulla base dei gradi giorno in Italia (UNI 10379) si distinguono sei zone climatiche e si è stabilito, per ogni zona, il periodo di riscaldamento che varia da 105 giorni a 200 giorni. Per avere un paragone la media tedesca è di 225 giorni.

Le condizioni climatiche sono decisive per il fabbisogno energetico degli edifici. Nelle regioni settentrionali d'Italia è il riscaldamento invernale che incide principalmente sui consumi energetici, ma, andando dal centro al sud, il raffrescamento estivo acquista una rilevanza sempre maggiore che, nel Mezzogiorno, ha la stessa importanza che il riscaldamento ha nel nord.

Per quanto concerne gli edifici solari, molto rilevanti per il riscaldamento sono gli apporti energetici solari. Nell'Europa centrale questi apporti (annuali) sono compresi tra 1.000 e 1.100 kWh/mq, mentre nei paesi mediterranei sono più alti e variano da 1.500 e 1.950 kWh/mq. In Italia aumentano man mano che si scende da nord a sud.

Il principale problema degli apporti solari è che questi non arrivano in forma concentrata e non sono costanti nel tempo. Essi variano con le stagioni e con la nuvolosità, secondo l'angolo d'incidenza e la riflettanza delle superfici. A cielo coperto, sulla superficie della Terra arriva solo la radiazione diffusa che è di molto inferiore a quella diretta.

L'angolo d'incidenza varia, però, durante il giorno e durante le stagioni con l'esposizione e l'inclinazione delle superfici. Una

superficie orizzontale riceve il massimo d'energia in estate, quando la posizione del sole è alta e le giornate sono più lunghe. Alla latitudine di 40°, in una giornata soleggiata di giugno, 1 mq di superficie orizzontale può ricevere 30 MJ, ma raramente riceverebbe più di 10 MJ in una giornata di sole di dicembre. Molto diversa si presenta la situazione per le superfici verticali. Una superficie verticale esposta a Sud riceve il massimo di radiazioni proprio in inverno, quando la posizione del sole è bassa. In Germania, nei 225 giorni di riscaldamento, una facciata esposta a Sud riceve mediamente 370 kWh/mq, mentre a Roma ne riceve 520 in soli 166 giorni.

Nella progettazione di un edificio si deve tenere conto anche del cosiddetto "microclima", cioè delle condizioni climatiche del sito su cui si intende costruire, perché il microclima può divergere sensibilmente dai valori medi riferiti ai capoluoghi di provincia. Esso, infatti, dipende dall'altitudine, dall'esposizione al sole e ai venti, dalla vegetazione, dai corpi d'acqua di superficie, ecc. Le temperature in pianura sono normalmente più elevate di quelle riscontrabili in collina, ma nelle valli, in particolare lungo i corsi d'acqua, si forma spesso la nebbia mattutina che riduce le ore di sole. Le temperature medie annue variano in rapporto all'altitudine in modo che ad una differenza di 100 metri corrisponde una differenza di temperatura pari a 0,5 K. Ciò vuol dire che, ad un'altitudine di 1.000 metri, le temperature saranno di circa 5 K inferiori rispetto a quelle rilevabili sul livello del mare. I laghi hanno normalmente un effetto mitigante sul clima perché l'acqua perde solo lentamente il calore assunto in estate, quindi le escursioni termiche sono meno rilevanti.

L'orientamento per le abitazioni passive è fondamentale. Il sole sorge in inverno a sud-est e tramonta a sud-ovest, una facciata esposta a Sud è quindi l'unica a ricevere radiazioni per tutto il giorno: il lato Sud dell'edificio riceve il massimo di radiazioni proprio in inverno, quando è più richiesto, mentre in estate, quando la posizione del sole è alta e i suoi raggi incidono a mezzogiorno in un angolo acuto, ne riceve meno. L'orientamento verso sud è, quindi, il migliore per un edificio solare e ciò vale anche per gli edifici passivi. Oltre all'orientamento, prima di

scegliere il terreno su cui costruire un edificio passivo, ci si deve assicurare che non ci siano degli elementi che ostruiscano il passaggio dei raggi solari.

Un fattore non meno importante per il fabbisogno energetico è la forma dell'edificio. In un edificio si riscalda un volume, lo scambio termico tra l'interno e l'esterno avviene invece attraverso la superficie dell'involucro. Tanto più è elevata la superficie che racchiude il volume, tanto più elevato è lo scambio. Ciò significa che un edificio ad alta efficienza energetica dovrebbe avere una forma compatta e che si deve rinunciare a inutili sporgenze e rientranze che aumentano la superficie. La compattezza si esprime tramite il rapporto tra superficie e volumetria (S/V) che, nel caso di un edificio passivo, dovrebbe essere inferiore a 0,6.

Un rapporto  $S/V < 0,6$  è ottenibile più facilmente per case a schiera e palazzi residenziali, ma raramente per una villetta. Nel caso di abitazioni a schiera è la profondità dell'edificio che influisce sul fabbisogno termico. Le case a schiera hanno normalmente una profondità di 10-12 metri. Aumentando la profondità a 15 metri, non solo il rapporto S/V diventa più favorevole, ma anche il fabbisogno energetico per il riscaldamento si riduce del 10%.

Molta rilevanza è data ai singoli elementi costruttivi. Particolare attenzione merita l'inserimento delle scale nei palazzi residenziali. Queste devono trovarsi o interamente all'interno dell'involucro termico, oppure interamente all'esterno di questo.

La costruzione di un edificio di alta qualità, come quella di un edificio passivo, è più costosa di quella di un fabbricato normale, ma l'investimento rende se il costo aggiuntivo è recuperabile in un numero ragionevole di anni tramite i minori costi d'esercizio. Ipotizzando di 60 anni la vita di un edificio, un periodo di 10 anni di ammortamento sembra ragionevole. In questo caso il concetto dell'edificio passivo è sostenibile anche dal punto di vista economico.

Il costo maggiore di costruzione di un edificio passivo è da attribuire principalmente all'isolamento termico, alle finestre speciali, all'impianto di ventilazione e all'installazione di sistemi solari. Da

dedurre dal costo di questi elementi e sistemi è il costo di un impianto di riscaldamento convenzionale di cui in un edificio passivo non si ha bisogno.

Oggi vi sono tuttavia molti più incentivi per gli edifici ad alta efficienza energetica ed una maggiore richiesta dei materiali ha ridotto anche i prezzi di mercato.

Molti elementi speciali, che all'inizio dovevano essere costruiti in maniera artigianale, vengono oggi prodotti industrialmente e quindi a costi minori. Il progetto Cepheus è stato uno stimolo sia per sviluppare nuovi sistemi tecnologici più economici per edifici passivi, sia per razionalizzare le tecniche convenzionali di costruzione. Oggi, i costi extra si possono ridurre al minimo e, in alcuni casi, azzerarli totalmente.

Va però considerato che il costo di costruzione degli edifici normali tedeschi, austriaci e svizzeri è tradizionalmente maggiore di quello degli edifici italiani dello stesso uso mentre quello di un edificio passivo, o di un edificio a basso consumo energetico, è ancora maggiore del 10-20%.

Come si compongono i costi di costruzione di un edificio passivo, può essere illustrato dall'esempio di un complesso con 9 unità abitative, distribuite in due fabbricati, costruite negli anni 2000-01 a Dresda, in Germania.

Le tecnologie di risparmio energetico sono in continuo sviluppo e gli impianti tecnologici, inseriti negli edifici passivi, diventano sempre più efficienti e meno costosi. Pertanto, prima di decidersi per l'una o per l'altra di queste innovazioni, occorre un'accurata comparazione delle prestazioni e dei prezzi.

Tuttavia, per costruire edifici passivi a costi concorrenziali occorre anche una razionale organizzazione del processo di costruzione. Per questo motivo si preferisce costruire con elementi prefabbricati. Il prefabbricato comporta anche altri vantaggi: introduce meno umidità nell'edificio, i tempi di asciugamento sono più brevi, la precisione degli elementi è alta e il loro montaggio si effettua rapidamente. La

progettazione è quindi più impegnativa di quella di un edificio convenzionale.

I costi d'esercizio sono principalmente quelli riferibili ai consumi energetici e alla manutenzione degli impianti tecnologici. Il bilancio energetico è il calcolo con il quale si quantificano i flussi d'energia, che avvengono tra l'edificio e l'ambiente circostante. Come in ogni bilancio si contabilizzano perdite e guadagni.

## **7. I riferimenti normativi per il risparmio energetico e le fonti energetiche rinnovabili**

I principi ispiratori dell'Unione Europea quali la libera circolazione di merci e capitali, la promozione e la tutela della concorrenza, l'abbattimento dei monopoli, hanno operato anche nel settore dell'energia. In Europa, il riassetto del sistema dell'energia si è potuto avviare efficacemente grazie alle Direttive 96/92/CE e 98/39/CE, che hanno definito la liberalizzazione dei mercati dell'energia elettrica e del gas e che in Italia sono state recepite con i seguenti decreti legislativi (dlg):

- dlgs 79/99 "Bersani" di recepimento delle Direttive 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica;
- dlgs 164/00 "Letta" di recepimento della Direttiva 98/30/CE che ha posto le basi per la liberalizzazione del mercato italiano del gas naturale.

Entrambi i decreti hanno definito importanti regole per garantire la qualità e dell'efficienza dei servizi di distribuzione dell'elettricità e del gas naturale. Essi introducono obiettivi di risparmio di energia, che, attualmente, sono alla base della politica di efficienza energetica in Italia. In seguito, le suddette Direttive vengono aggiornate ed abrogate dalla 2003/54/CE per il mercato elettrico e 2003/55/CE per il mercato del gas. Le direttive definiscono gli obblighi di servizio pubblico che le imprese degli stati membri sono tenute a garantire come la fornitura di energia e gas a qualità e prezzi ragionevoli anche nelle zone territoriali isolate, la garanzia di tariffe trasparenti e non discriminatorie e la possibilità per i terzi di accedere alle reti secondo modalità e tariffe stabilite dall'autorità di regolazione competente. Esse sanciscono l'obbligo di designare organismi competenti per la regolamentazione, indipendenti dagli interessi delle industrie, con il compito di assicurare la non discriminazione, l'effettiva concorrenza e l'efficace funzionamento del mercato (Di Palma et al., 2006).

Le nuove normative fissano scadenze temporali entro le quali dovranno attuarsi le successive tappe del processo di apertura concorrenziale: poiché a partire dal 1 luglio 2004 tutti i clienti non

civili e dal 1 luglio 2007 anche quelli civili saranno in grado di scegliere liberamente il proprio fornitore. In Italia i decreti Bersani e Letta sono stati aggiornati dalla legge 293/04 “Marzano” (riordino del settore energetico, nonché delega al governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia). In realtà tale legge non recepisce le direttive europee che vengono considerate con gli articoli 15 e 16 della legge delega 62 del 18/04/2005 (disposizioni per l’adempimento di obblighi derivanti dall’appartenenza dell’Italia all’Unione Europea). Gli argomenti fondamentali dell’obbligo al recepimento si riferiscono all’apertura del mercato a tutti i clienti, alla promozione della concorrenzialità del mercato, al monitoraggio del funzionamento della borsa elettrica, allo sviluppo del mercato delle fonti energetiche rinnovabili, alla definizione della durata di concessioni e della sicurezza degli approvvigionamenti ed alla promozione della penetrazione di tutte le imprese nazionali sul mercato europeo. La legge Marzano cerca di rispondere all’esigenza di riordino del sistema energetico italiano (Di Palma et al., 2006):

- aumento del potere di direzione nel comparto energetico del Ministero delle Attività Produttive (Map) con la possibilità di nominare esperti e di procedere a nuove assunzioni;
- realizzazione di un piano di formazione ed informazione sull’energia;
- regolamentazione e riordino del rapporto stato-regioni e dei poteri del Agenzia per l’Energia Elettrica ed il Gas (Aeeg);
- introduzione ed aggiornamento delle norme in materia di autorizzazione diretta per la realizzazione e l’esercizio degli elettrodi sulla rete di trasmissione, comprese le interconnessioni con l’estero;
- delega per il trattamento per la gestione dei rifiuti radioattivi;
- estensione delle possibilità di attività dell’acquirente unico anche dopo il 1 luglio 2007 qualora le condizioni di mercato lo richiedano;
- compensazioni ambientali, presso gli enti locali, per la realizzazione di nuovi impianti elettrici con procedura specifica in caso di interessamento di parchi naturali.

La maggior parte delle disposizioni contenute nelle nuove direttive europee sono state anticipate dalla normativa italiana, come l'istituzione di un'autorità di regolamentazione, la regolazione dell'accesso alla rete, la libertà di scelta del fornitore e la separazione societaria tra attività di trasporto, distribuzione e vendita di gas ed elettricità.

La liberalizzazione dei mercati nazionali dell'energia elettrica e del gas, la loro prevista integrazione nel mercato interno europeo ed i conseguenti processi di ristrutturazione e privatizzazione di imprese monopolistiche verticalmente integrate sono fenomeni che hanno introdotto mutamenti nelle condizioni di utilizzo dell'energia, nelle convenienze relative tra le diverse fonti energetiche e nello sviluppo della domanda. In questo nuovo contesto, l'avvio di una decisa politica di tutela ambientale e di uso efficiente delle risorse è stato agevolato da alcuni importanti eventi e da evoluzioni di parametri di mercato tra cui:

- entrata in vigore del protocollo di Kyoto il 16/02/2005 ed il conseguente obbligo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (6,5% in meno rispetto alle emissioni del 1990 entro il 2010, per l'Italia);
- dipendenza crescente dell'Italia dai mercati esteri;
- prezzo elevato del petrolio;
- lentezza ed ostacoli, nella costruzione di nuovi impianti, a fonti energetiche rinnovabili.

Secondo gli attuali trend di crescita i settori che registreranno maggiore incremento dei consumi saranno il residenziale ed il terziario: è pertanto lecito aspettarsi che una diffusione capillare di interventi di efficienza energetica in tali settori possa contribuire in modo sostanziale alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e a limitare le importazioni dall'estero dei crediti di emissione per rispettare i vincoli del Protocollo di Kyoto e a contenere la dipendenza energetica del nostro paese (Di Palma et al., 2006).

## **8. La promozione del risparmio energetico**

### ***8.1. Le indicazioni e le direttive europee***

Il crescente tasso di dipendenza energetica dell'Europa dal resto del mondo, il ruolo determinante del petrolio per il prezzo dell'energia ed i risultati deludenti delle politiche di riduzione dei consumi rivelano le debolezze strutturali dell'approvvigionamento energetico dell'Unione Europea (UE).

La dipendenza dell'UE dalle importazioni di energia, già del 50%, potrebbe raggiungere il 70% nel 2020 in assenza di interventi efficaci (Libro Bianco, 1997). Ciò è soprattutto vero per il petrolio ed il gas che proverranno in misura crescente da zone molto distanti dall'Unione e spesso caratterizzate da rischi geopolitici, con relative problematiche legate alla sicurezza dell'approvvigionamento. Le energie rinnovabili come fonti "interne" saranno sempre più importanti per ridurre le importazioni con effetti positivi per la bilancia commerciale.

Nonostante l'abbondante disponibilità ed il considerevole potenziale economico, in Europa le fonti energetiche rinnovabili vengono sfruttate ancora in maniera disomogenea ed insufficiente.

La combinazione tra la produzione di energia da fonti rinnovabili e misure per incentivare il risparmio energetico è necessaria. Le direttive europee di riferimento sono la 2001/77/CE per "la promozione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili" e la 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia. Non mancano indicazioni a riguardo neanche in altri documenti europei, quali ad esempio i Libri Bianchi o Verdi, nonché in campagne promozionali, indirizzate, soprattutto alla diffusione del risparmio per la scala micro di intervento.

Nel Libro Verde del 2005 sull'efficienza energetica si è tentato di dare un ulteriore impulso al programma di promozione dell'efficienza energetica a tutti i livelli della società europea secondo tre specifici obiettivi: *la competitività e l'Agenda di Lisbona*<sup>20</sup> *la protezione*

20. Secondo la Strategia di Lisbona cui una politica attiva in materia di efficienza energetica potrebbe contribuire in modo significativo a migliorare la competitività e l'occupazione nell'UE, obiettivi centrali dell'Agenda di Lisbona. Giacché affronta la questione della domanda

*dell'ambiente e gli obblighi di Kyoto e la sicurezza degli approvvigionamenti.*

Lo scopo è individuare le strozzature, ad esempio la mancanza di incentivi adeguati e di informazioni o l'indisponibilità di idonei meccanismi di finanziamento, che, attualmente, impediscono di realizzare i miglioramenti dell'efficienza energetica. Il Libro Verde intende individuare le opzioni che permettano di eliminare tali ostacoli, proponendo una serie di azioni-chiave volte ad agire da *catalizzatore* al fine di proporre una rinnovata iniziativa nel settore dell'efficienza energetica da realizzarsi a tutti i livelli della società europea (UE, nazionale, regionale e locale).

Inoltre va considerata l'apertura a nuove proposte riguardanti esempi corredati di dettagli sui costi di realizzazione e sui benefici in termini di risparmio energetico e di facilità d'installazione, utili alla Commissione anche al fine di presentare, nel 2006, un Piano d'azione contenente proposte solide, pratiche ed effettivamente applicabili, per un reale progresso nel campo dell'efficienza energetica.

L'incremento dell'efficienza energetica, come per la produzione da fonti energetiche rinnovabili, nonostante le campagne promosse è ostacolato da *carenza di informazioni* riguardo i costi e la disponibilità di nuove tecnologie, una insufficiente formazione dei tecnici, una adeguata manutenzione e, non ultimo, il fatto che questi aspetti non sono sufficientemente presi in considerazione dagli operatori del mercato. I promotori delle tecnologie a basso consumo energetico devono esporre in modo convincente i loro argomenti quando cercano l'appoggio di investitori potenziali quali gli istituti finanziari o i fondi di capitale di rischio. A sostegno di tali azioni sono state individuate le società di servizi energetici (Energy Service Company, Esco) che, già operative negli Stati Uniti, stanno diventando una realtà anche in Europa ed in Italia, per facilitare le iniziative per il risparmio energetico (cfr. parte III, §§ 10.1 e 10.2.1.).

di energia, tale politica fa parte delle politiche comunitarie volte alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico, compresa la promozione delle energie rinnovabili e rientra quindi nelle priorità già stabilite nel 2000 nel Libro verde "Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico".

Il ribasso dei prezzi dell'energia non costituisce, a sua volta, un incentivo a consumare meno e ad effettuare investimenti volti all'efficienza energetica. Le Esco offrono soluzioni d'efficienza energetica ripagandosi con i risparmi d'energia realizzati. Dette società, che si trovano solo in fase di sviluppo, hanno ancora bisogno di una politica di sostegno che le assista nella diffusione delle loro attività, grazie a norme sulla qualità e l'accesso agevolato al finanziamento. Lo sviluppo futuro delle Esco potrebbe contribuire, in modo significativo, alla realizzazione di molti altri progetti di risparmio energetico nonché colmare il divario tra i vari operatori nel settore dell'energia e delle tecnologie di approvvigionamento energetico da un lato e fra i consumatori dall'altro.

Pertanto andrebbe posta maggiore attenzione alle campagne di informazione, che dovrebbero fornire chiare indicazioni su come risparmiare energia, sollecitando i consumatori all'azione, contribuendo a modificare la percezione del problema ed incoraggiare comportamenti virtuosi. A tale riguardo, sono possibili tre livelli di intervento:

- informazioni ai cittadini su argomenti quali la riduzione del consumo d'energia nelle abitazioni, per mezzo di efficienti sistemi di illuminazione e di riscaldamento e consapevoli decisioni d'acquisto;
- informazioni ai clienti industriali;
- informazioni rivolte agli esperti del settore dell'efficienza energetica e ai prestatori di servizi, a garanzia dell'esistenza, in tutti gli stati membri, di una rete di esperti qualificati.

Anche l'istruzione e la formazione possono contribuire significativamente a rafforzare la cultura dell'efficienza energetica. Gli esempi potrebbero includere gli aspetti energetici nei corsi di educazione civica, che si tengono in alcuni stati membri, o corsi di formazione organizzati nelle imprese per migliorare l'efficienza energetica. I programmi europei nel settore dell'istruzione e della formazione potrebbero contribuire alla diffusione delle buone pratiche

fra gli stati membri e incoraggiare i progetti di cooperazione in questa materia in tutto l'arco della formazione permanente.

Alcune domande poste rispetto alle questioni introdotte dal Libro Verde del 2005 possono considerarsi interessanti spunti di approfondimento, quali:

- nel contesto della strategia di Lisbona volta a rilanciare l'economia europea, quale collegamento si deve stabilire tra la competitività economica e una maggiore ricerca di efficienza energetica?;
- la politica fiscale è uno strumento importante per incoraggiare comportamenti più virtuosi e promuovere l'utilizzo di nuovi prodotti che consumano meno energia. Si deve fare maggiore ricorso agli strumenti di carattere fiscale nell'ambito della politica europea volta all'efficienza energetica? Quali sono le misure più idonee per conseguire tale obiettivo? Come applicare detti strumenti senza generare un aumento dell'imposizione fiscale generale? In che modo assicurare che "chi inquina" paghi effettivamente?;
- sarebbe possibile elaborare un sistema di norme sugli aiuti di Stato più favorevole all'ambiente, incoraggiando in particolare l'eco-innovazione e gli incrementi di produttività? Che forma potrebbero assumere dette norme?;
- spesso ci si attende che le autorità pubbliche diano l'esempio. La legislazione dovrebbe imporre alle autorità pubbliche obblighi specifici, ad esempio applicare negli edifici pubblici le misure che sono raccomandate a livello comunitario o nazionale?;
- è difficile incentivare i miglioramenti di efficienza energetica nelle abitazioni in affitto giacché il proprietario dell'edificio non paga generalmente la bolletta delle spese di energia e non ha quindi l'interesse economico ad investire in migliorie che comportino una maggiore efficienza energetica, quali l'isolamento o i doppi vetri. Qual è il modo migliore per affrontare questo problema?;
- una delle maggiori sfide consiste nell'indurre l'industria automobilistica a produrre veicoli con sempre maggiore efficienza energetica. Qual è il modo migliore per ottenere tale risultato? Quali provvedimenti dovrebbero essere adottati per assicurare il continuo

miglioramento dell'efficienza energetica dei veicoli, e a quale livello? In che misura tali provvedimenti devono essere adottati su base volontaria e in che misura essere obbligatori?;

- cosa può essere fatto per migliorare l'efficienza della trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica? Come applicare in pratica le iniziative in tal senso?;
- in alcuni stati membri sono stati o stanno per essere introdotti i certificati bianchi (Titoli di Efficienza Energetica, Tee). Dovrebbero essere introdotti in tutto il territorio comunitario?;
- in alcuni stati membri, hanno avuto molto successo i programmi di finanziamento dei progetti volti all'incremento dell'efficacia energetica, a livello regionale o locale e gestiti da società ad elevata efficienza energetica. Si dovrebbe estendere tali iniziative? In caso affermativo, in che modo?.

Inoltre, con l'applicazione della direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia (2002/91/CE), a partire dal 2006, sarà possibile un risparmio stimato in circa 40 milione di tonnellate equivalente petrolio (Mtep) entro il 2020.

Obiettivo della direttiva (art. 1) è promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nell'UE, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.

Le disposizioni in essa contenute riguardano:

- a) il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;
- c) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti ad importanti ristrutturazioni;
- d) la certificazione energetica degli edifici;

e) l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni.

Gli stati membri applicano a livello nazionale e regionale una metodologia di calcolo del rendimento energetico degli edifici sulla base del quadro generale, provvedendo anche a supervisionare che, in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, l'attestato di certificazione energetica sia messo a disposizione del proprietario o che questi lo metta a disposizione del futuro acquirente o locatario, a seconda dei casi. La validità dell'attestato è di dieci anni al massimo (artt. 3 e 7).

## **8.2. *La normativa italiana***

Per incentivare il risparmio energetico in Italia sono attualmente in vigore i decreti del 20 luglio 2004, recanti norme in materia di efficienza e risparmio energetico. Essi si pongono l'obiettivo di conseguire, alla fine del primo quinquennio di applicazione (2005-2009) un risparmio di energia pari a 2,9 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) all'anno, valore equivalente all'incremento annuo dei consumi nazionali di energia registrato nel periodo 1999-2001.

La riduzione dei consumi complessivi nazionali di energia concorrerà al conseguimento degli obiettivi di riduzione dei gas serra in relazione agli impegni assunti dall'Italia nell'ambito del Protocollo di Kyoto e porterà benefici economici e sociali:

- diretti per i consumatori come, ad esempio, la riduzione della bolletta energetica ed il miglioramento del servizio goduto;
- collettivi, quali:
  - la riduzione della dipendenza energetica dall'estero e maggiore sicurezza di approvvigionamento;
  - la riduzione dell'inquinamento derivante dalle attività di produzione e di consumo di energia;

- un maggior controllo dei picchi di domanda elettrica e possibilità quindi di ridurre il rischio di “blackout” e i costi connessi al verificarsi di squilibri tra consumi e capacità di offerta;
- un aumento dell’offerta di prodotti e servizi energetici orientati all’efficienza negli usi dell’energia.

I decreti del 20 luglio 2004 determinano gli obiettivi di risparmio a carico dei distributori di energia elettrica e di gas, stabilendo principi di valutazione dell’ottenimento dei risultati e le modalità di controllo (art.1). Il sistema introdotto dai decreti 20 luglio 2004 prevede che i distributori di energia elettrica e di gas naturale raggiungano annualmente determinati obblighi quantitativi di risparmio di energia primaria, per il quinquennio 2005/2009, a partire dal 1 gennaio 2005.

Attualmente l’obbligo riguarda solo ai distributori con più di 100.000 clienti finali al 31 dicembre 2001<sup>21</sup>. Per adempiere a questi obblighi e ottenere il risparmio energetico prefissato i distributori potranno:

- attuare progetti a favore dei consumatori finali che migliorino l’efficienza energetica delle tecnologie installate o delle relative pratiche di utilizzo. I progetti potranno essere realizzati direttamente<sup>22</sup> oppure tramite società controllate o, ancora, attraverso società operanti nei settori dei servizi energetici;
- acquistare da terzi “titoli di efficienza energetica” o “certificati bianchi” attestanti il conseguimento di risparmi energetici.

Vengono, inoltre, indicati i criteri generali per la progettazione e l’attuazione di misure ed interventi di risparmio ed introducono i “Titoli di Efficienza Energetica (Tee)”, emessi a favore di chi realizza detti progetti.

Essi promuovono l’impiego, su larga scala, di un ampio ventaglio di tecnologie per l’uso razionale dell’energia, dalle lampade ad alta efficienza all’installazione di dispositivi e/o impianti più efficienti, da

21. Successivi decreti definiranno le modalità di applicazione degli obblighi per i distributori sotto questa soglia.

22. Tenuto conto di quanto previsto dalle leggi vigenti in materia di esercizio di attività nel settore dei servizi postcontatore da parte di soggetti operanti nel settore dell’energia elettrica e del gas naturale che hanno in concessione o affidamento la gestione di servizi pubblici locali (si veda l’articolo 1, comma 34 della legge 23 agosto 2004 n. 239).

alcune soluzioni che sfruttano le fonti energetiche rinnovabili agli interventi sull'involucro edilizio. Oltre al contributo per il conseguimento degli obiettivi italiani, nell'ambito del Protocollo di Kyoto, è importante sottolineare l'innovazione di tale strumento, che dovrebbe portare alcuni significativi risconti sul lato economico e sociale. I maggiori vantaggi saranno per i consumatori i quali potranno verificare riduzioni della propria bolletta energetica ed il miglioramento dei servizi offerti quali il livello e la qualità del riscaldamento dei locali e dell'illuminazione degli ambienti. Oltre ad una maggiore sicurezza dell'approvvigionamento energetico si potranno avere ulteriori benefici relativi alle attività di produzione e di consumo di energia "pulita" ed un maggiore controllo dei picchi di domanda elettrica.

I decreti del 2004 stabiliscono che "i progetti di risparmio energetico possono essere realizzati direttamente dai distributori, anche attraverso società da loro controllate, ovvero da società terze operanti nel settore dei servizi energetici, le Energy Services Companies (Esco), autonomamente o per conto dei distributori medesimi".

I titoli di efficienza energetica o *certificati bianchi* vengono emessi dal Gestore del mercato elettrico (Gse) a favore dei soggetti, distributori, società da essi controllate e società operanti nel settore dei servizi energetici, che hanno conseguito i risparmi energetici prefissati. L'emissione dei titoli viene effettuata sulla base di una comunicazione dell'Autorità che certifica i risparmi conseguiti. L'Autorità, infatti, verifica e controlla che i progetti siano stati effettivamente realizzati in conformità con le disposizioni dei decreti e delle regole attuative definite dall'Autorità stessa.

La compravendita di questi titoli avverrà tramite contratti bilaterali o in un mercato apposito istituito dal Gestore del mercato elettrico e regolato da disposizioni stabilite dal Gestore stesso d'intesa con l'Autorità.

La possibilità di scambiare titoli di efficienza energetica consente ai distributori, che incorrerebbero in costi marginali relativamente elevati per il risparmio di energia attraverso la realizzazione diretta di progetti, di acquistare titoli di efficienza energetica da quei soggetti che, invece,

presentano costi marginali di risparmio energetico relativamente inferiori e che, pertanto, hanno convenienza a vendere i propri titoli sul mercato.

Il meccanismo garantisce che il costo complessivo di raggiungimento degli obiettivi fissati risulti più contenuto rispetto ad uno scenario alternativo in cui ciascuno dei distributori sia obbligato a soddisfare gli obblighi di risparmio energetico, sviluppando, in proprio, progetti per l'uso razionale dell'energia.

I costi sostenuti dai distributori per adempiere agli obblighi di risparmio energetico potranno essere coperti attraverso risorse di varia natura: quote di partecipazione dei clienti partecipanti, finanziamenti statali, regionali, locali, comunitari, ricavi dalla vendita dei titoli di efficienza energetica. Una parte dei costi sostenuti troverà copertura attraverso le tariffe di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica e del gas naturale in base a criteri che saranno stabiliti dall'Autorità prima dell'avvio del meccanismo.

Il mancato rispetto degli obblighi sarà sanzionato dall'Autorità, la quale ha il compito di verificare il conseguimento degli obiettivi di risparmio energetico controllando che ogni distributore detenga un numero di titoli di efficienza energetica equivalente a quello previsto dai decreti.

L'Autorità, in base ai decreti del luglio 2004, ha il compito di definire le regole tecniche di funzionamento del meccanismo da essi delineato e ha la responsabilità della sua gestione.

I decreti del luglio 2004 hanno abrogato e sostituito i precedenti decreti ministeriali 24 aprile 2001, anch'essi finalizzati alla promozione del risparmio energetico, confermandone l'impostazione e facendo salvi i procedimenti avviati e i provvedimenti emanati dall'Autorità in attuazione degli stessi decreti ministeriali 24 aprile 2001.

**Tabella 10 – Forme incentivanti per l'efficienza energetica e la produzione da fonti energetiche alternative a confronto: Certificati Bianchi e Certificati Verdi**

	<b>Certificati verdi</b>	<b>Certificati bianchi</b>
Quale settore è interessato	Produzione di elettricità da Fonti energetiche rinnovabili.	Efficienza e risparmio negli usi finali dell'energia.
Cosa è	Titolo commerciabile che attesta una produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile.	Titolo commerciabile che attesta un risparmio energetico.
Quale è la logica del sistema nel quale si inserisce	Viene creato un mercato dell'elettricità verde imponendo un obbligo di produzione minima. È lo strumento che attesta il rispetto dell'obbligo.	Viene creato un mercato dell'efficienza e del risparmio imponendo un obbligo di risparmio minimo. È lo strumento che attesta il rispetto dell'obbligo.
Chi ha obbligo di conseguimento	I grandi produttori ed importatori di elettricità da fonti energetiche rinnovabili.	I distributori di energia elettrica e gas.
Chi lo rilascia	Gestore della rete (GSE).	Gestore del mercato sulla base delle indicazioni dell'Autorità.
Chi lo può ottenere	Chiunque produca elettricità da fonti energetiche rinnovabili con nuovi impianti.	Società che effettuano interventi di efficienza e risparmio.
Utilità per chi lo ottiene	Lo vende ai grandi produttori ed importatori di elettricità da fonti energetiche rinnovabili.	Lo vende ai distributori di energia elettrica e gas.
Quale funzione svolge	Attraverso la vendita il soggetto che lo ha ottenuto trae l'incentivo. Il soggetto che lo compra documenta il rispetto dell'obbligo.	Attraverso la vendita il soggetto che lo ha ottenuto trae l'incentivo. Il soggetto che lo compra documenta il rispetto dell'obbligo.
Quale è la sua utilità	Stimola la competizione tra gli operatori per la vendita del certificato.	Stimola la competizione tra gli operatori per la vendita del certificato.
Chi paga l'incentivo	I soggetti che hanno l'obbligo possono recuperare sui prezzi dell'elettricità.	I soggetti che hanno l'obbligo possono recuperare sulle tariffe d'uso delle reti di trasporto e di distribuzione di elettricità e gas.
Quali vantaggi per il sistema ed il consumatore	Maggiore sicurezza del sistema energetico; uso di fonti nazionali; crescita occupazionale; riduzione impatto ambientale.	Maggiore sicurezza del sistema energetico; uso di fonti nazionali; crescita occupazionale; riduzione impatto ambientale, riduzione spesa energetica.
Data di partenza del sistema	2002	2004
Dove si commercia	Contratti bilaterali e, in una borsa specifica, presso il Gestore del mercato elettrico.	Contratti bilaterali e, in una borsa specifica, presso il Gestore del mercato elettrico.

L'attività di regolazione affidata all'Autorità comprende la definizione di:

- criteri e metodi per la preparazione e l'esecuzione dei progetti da parte di distributori di energia elettrica e di gas naturale e di società di servizi energetici;
- criteri e modalità per la valutazione dei risparmi energetici attribuibili alle diverse tipologie di intervento;
- modalità di verifica e di controllo dei risparmi energetici effettivamente conseguiti da ogni singolo progetto e certificabili attraverso l'emissione dei titoli di efficienza energetica;
- criteri e modalità di emissione dei titoli di efficienza energetica;
- regole di funzionamento del mercato dei titoli di efficienza energetica, d'intesa con il Gestore del mercato elettrico;
- criteri per la determinazione e l'erogazione dell'eventuale contributo tariffario alla copertura dei costi sostenuti dai distributori per il conseguimento degli obiettivi di risparmio energetico attraverso lo sviluppo di specifici progetti;
- comminazione di sanzioni in caso di inadempienza dei distributori agli obblighi di risparmio energetico definiti dai decreti.

Nell'aprile 2002 l'Autorità ha sottoposto alla consultazione le proprie proposte per l'attuazione del nuovo quadro normativo, considerando tutti i principali aspetti di regolazione di cui sopra. Successivamente sono stati pubblicati documenti di consultazione riguardanti le metodologie di quantificazione dei risparmi energetici.

Sulla base degli esiti della consultazione, ad oggi, l'Autorità ha approvato provvedimenti che:

- consentono la raccolta dei dati necessari per il calcolo degli obiettivi di risparmio energetico da assegnare ai distributori obbligati ai sensi dei decreti;
- definiscono le linee guida per la preparazione, esecuzione, valutazione consuntiva dei progetti di risparmio energetico e per l'emissione dei titoli di efficienza energetica;
- sviluppano metodologie semplificate per la quantificazione dei risparmi energetici associati ad alcuni tipi di interventi.

Ulteriori metodologie semplificate verranno sviluppate dall'Autorità, anche attraverso la valutazione di proposte presentate da soggetti interessati. Prima dell'entrata in vigore degli obblighi di risparmio in capo ai distributori di energia elettrica e di gas naturale l'Autorità completerà la definizione delle regole necessarie per l'attuazione dei decreti.

Oltre alla definizione del quadro regolatorio, l'Autorità svolge, con il possibile supporto di soggetti terzi da essa delegati, le attività di gestione ordinaria del nuovo quadro normativo. Esse consistono nella:

- determinazione degli obiettivi specifici annuali di risparmio energetico a carico dei diversi distributori di energia elettrica e di gas naturale;
- adempimento, su richiesta dei soggetti interessati, di verifiche preliminari di conformità di specifici progetti alle disposizioni delle linee guida;
- verifica e approvazione delle proposte di programmi di misura presentate per progetti che includono interventi di risparmio energetico per i quali l'Autorità non ha sviluppato e deliberato metodologie semplificate di quantificazione dei risparmi;
- verifica dei risparmi di energia primaria conseguiti dai singoli progetti;
- adempimento di controlli a campione per accertare che i progetti siano stati realizzati effettivamente e conformemente alle disposizioni dei decreti ministeriali e delle linee guida;
- certificazione dei risparmi di energia primaria conseguiti da ogni singolo progetto e richiesta al Gestore del mercato elettrico di emissione, a favore del soggetto titolare del progetto, di una quantità di titoli di efficienza energetica corrispondente ai risparmi energetici certificati;
- verifica del conseguimento degli obiettivi specifici annuali a carico dei singoli distributori soggetti agli obblighi di risparmio energetico;
- determinazione e irrogazione delle eventuali sanzioni in caso di inadempienza dei distributori agli obblighi di risparmio;

- determinazione, attraverso lo strumento tariffario, dell'eventuale contributo alla copertura dei costi sostenuti dai distributori soggetti agli obblighi di realizzazione di risparmi energetici per il conseguimento di tali obblighi.

I decreti non sono, tuttavia, “chiusi”, ma segnalano una serie di esempi frequenti, importanti e significativi da cui sarà possibile estrapolare altri casi che saranno comunque ammissibili se rispettano i criteri di valutabilità del risparmio conseguito. Le regioni potranno, a loro volta, integrare la lista delle tipologie di intervento, aggiungendo quelle azioni di risparmio energetico che ritengono particolarmente significative nel loro contesto geografico e socio-economico. Il sistema italiano dei titoli di efficienza energetica resta un sistema “aperto”, che stimola l'innovazione e la creatività. È questa forse la sua caratteristica distintiva. L'elenco indicativo non dà direttive obbligatorie sulle scelte, lasciando spazio alla competizione di idee e di progetti (Gallo, 2006). Come la direttiva 2002/91/CE, anche i decreti italiani insistono principalmente nel settore dell'edilizia. Le due iniziative tendono sostanzialmente allo stesso scopo. Il risparmio energetico negli edifici, i decreti lo perseguono attraverso la prescrizione degli obiettivi di risparmio e l'adozione di strumenti di mercato per raggiungerli, la direttiva vedrà strumenti tradizionali di tipo normativo.

## **9. La promozione delle fonti energetiche rinnovabili**

### ***9.1. Le indicazioni e le direttive europee***

La promozione attiva delle fonti energetiche rinnovabili è tra gli obiettivi rilevanti dell'UE ed il riferimento normativo è la direttiva 2001/77/CE sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Sebbene l'utilizzo europeo non raggiunga percentuali considerevoli, le linee di tendenza attuali sono interessanti perché mostrano notevoli progressi, nel campo delle tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili, grazie anche al sostegno dei poteri pubblici.

L'implementazione delle fonti energetiche rinnovabili rappresenta un obiettivo centrale della politica energetica dell'Unione Europea per gli evidenti benefici che l'utilizzo di fonti energetiche *pulite*, perché riducono l'inquinamento, *sostenibili*, perché rinnovabili e non contribuiscono all'accumulazione di gas dannosi e *sicure*, perché non importate e capaci di ridurre la dipendenza, apporterà alle generazioni attuali e future di cittadini europei e non europei (Aa.Vv., 2004).

L'energia eolica ha innegabilmente conquistato il suo spazio mentre l'energia fotovoltaica, nonostante i suoi costi in rapida diminuzione, non ha, tuttora, raggiunto il livello di competitività commerciale. Per le fonti energetiche rinnovabili non esistono normalmente reali problemi quantitativi di approvvigionamento. Anche i rifiuti domestici, che sono in costante crescita, possono offrire buone opportunità di sfruttamento, così come i sottoprodotti dell'industria del legno e dell'industria agro-alimentare.

**Tabella 11 – Quota delle fonti energetiche rinnovabili nel consumo interno lordo di energia**

Stato	1990	1995
Austria	22,1	24,3
Belgio	1,0	1,0
Danimarca	6,3	7,3
Finlandia	6,3	7,3
Francia	6,4	7,1
Germania	1,7	1,8
Grecia	7,1	7,3
Irlanda	1,6	2,0
Italia	5,3	5,5
Lussemburgo	1,3	1,4
Paesi Bassi	1,3	1,4
Portogallo	17,6	15,7
Spagna	6,7	5,7
Svezia	24,7	25,4
Regno Unito	0,5	0,7
<b>Unione Europea</b>	<b>5,0</b>	<b>5,3</b>

Fonte: Libro Bianco 1997, da Eurostat

Le fonti energetiche rinnovabili necessitano di notevoli investimenti iniziali, ma non va dimenticato che i prezzi dell'energia per i cicli convenzionali di combustibile non riflettono i costi effettivi, compresi i "costi esterni" per la società, rappresentati dai danni ambientali conseguiti al loro impiego (Libro verde, 2000). Con il programma Altener il Consiglio Europeo adotta, nel 1993, uno strumento finanziario specifico per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili. Nel Libro Bianco del 1995 "Una politica energetica per l'Unione Europea", la Commissione ha presentato le sue opinioni circa gli obiettivi di politica energetica dell'UE e gli obiettivi per realizzarla: *migliore competitività, sicurezza dell'approvvigionamento, protezione dell'ambiente.*

Le tecnologie legate all'implementazione delle fonti energetiche rinnovabili risentono di un'iniziale mancanza di fiducia da parte degli imprenditori, dei fruitori e della classe politica, dovuta a scarsa consapevolezza e ad una resistenza generale al cambiamento. Attualmente molti stati membri hanno già introdotto forme di "aiuti" per incentivare l'uso e promuovere lo sviluppo delle tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili (obbligo di acquisto di certificati verdi, bandi di gara per una certa capacità, tariffe agevolate per la vendita di elettricità pulita, incentivi fiscali, ecc.).

Nel Libro Verde del 1996 la Commissione pone quale obiettivo il raggiungimento il contributo del 12%, quale delle fonti energetiche rinnovabili al consumo interno lordo di energia dell'Unione Europea, al 2010. Tale proposito implica quasi un raddoppio dell'approvvigionamento da fonti rinnovabili, in linea con gli obiettivi di Kyoto e, conseguentemente la riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>.

Nella valutazione preliminare dei costi/benefici, effettuata dalla Commissione nel Libro Verde del 1997, notevole importanza viene attribuita alla creazione di nuova occupazione che varia a seconda della tipologia di fonte energetica alternativa promossa.

Il 40% del consumo lordo di energia dell'UE (a 15 stati) è rappresentato dall'elettricità. Con la direttiva 96/92/CE, concernente le norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica, la

Commissione cerca di indurre gli stati membri ad inserire, nelle normative nazionali, regimi per la promozione delle rinnovabili. Tuttavia, lo sforzo successivo dell'UE è volto ad armonizzare le iniziative con l'intento di garantire che le energie alternative apportino un contributo sufficiente all'approvvigionamento globale di elettricità a livello comunitario e nazionale.

**Tabella 12 – Stima dei costi/benefici di investimento della strategia globale nello scenario al 2010.**

<b>Costi</b>	
Totale investimenti a favore delle fonti energetiche rinnovabili nel Piano di azione	165 Mrd di ECU
Investimento netto a favore delle fonti energetiche rinnovabili nel Piano di azione	95 Mrd di ECU
Investimento netto annuale a favore delle fonti energetiche rinnovabili nel Piano di azione	6,8 Mrd di ECU
Investimento supplementare netto a causa delle fonti energetiche rinnovabili	74 Mrd di ECU
Aumento dell'investimento totale nel settore dell'energia	29,7%
<b>Benefici</b>	
Creazione di posti di lavoro	Cifra lorda stimata: 500.000-900.000
Costi annuali di combustibili evitati nel 2010	3 Mrd di ECU
Costo totale del combustibile evitato 1997- 2010	21 Mrd di ECU
Riduzione delle importazioni (rif.1994)	17,4%
Riduzione di CO <sub>2</sub> (rispetto al 1997)	Fino a 402 Mio t/anno
(rispetto allo scenario pre-Kyoto 2010)	250 Mio t/anno
Benefici annuali della riduzione di CO <sub>2</sub>	Da 5 a 45 Mrd di ECU

*Fonte:* Libro Bianco 1997, da Eurostat

Vi sono alcuni aspetti legati alle differenze nell'entità del sostegno assegnato dai governi nazionali ed alle relative modalità di finanziamento che possono creare delle distorsioni commerciali non legate all'efficienza:

- il modo in cui i gestori della rete di trasmissione devono accettare l'elettricità rinnovabile loro offerta, fatte salve le disposizioni sul trasporto nel mercato interno contenute nella direttiva sull'elettricità;
- gli orientamenti sui prezzi da corrispondere ad un generatore di energia da fonti rinnovabili che dovrebbero essere, come minimo, pari ai costi evitati dall'elettricità su una rete a bassa tensione di un distributore più un premium che rifletta i benefici sociali e ambientali delle fonti energetiche rinnovabili e le modalità di finanziamento: agevolazioni fiscali, ecc.;
- le categorie di acquisti di elettricità cui si applicano queste misure;
- per l'accesso alla rete la necessità di evitare discriminazioni tra l'elettricità prodotta dalla radiazione solare, dalla biomassa (al di sotto di 20 MWe), dall'energia idroelettrica (al di sotto di 10 MWe) e dall'energia eolica, per l'accesso alla rete.

L'aumento brutale dei prezzi petroliferi, che potrebbe intralciare la ripresa dell'economia europea a seguito della triplicazione del prezzo del greggio, registrata dal marzo 1999, rivela, una volta di più, le debolezze strutturali dell'approvvigionamento energetico dell'Unione Europea, ossia il crescente tasso di dipendenza energetica dell'Europa, il ruolo determinante del petrolio per i prezzi dell'energia e i risultati deludenti delle politiche di controllo del consumo. L'Unione Europea non potrà affrancarsi dalla sua crescente dipendenza energetica senza una politica energetica attiva.

Nel 1998 l'Unione Europea ha consumato in totale 1.436 milioni di tep, tutte le forme di energia, rispetto ad una produzione comunitaria di 753 milioni di tep. Il consumo energetico dei Paesi dell'Europa Centrale ed Orientale (Peco) è di 285 milioni di tep, per una produzione di 164 milioni di tep. Senza un rallentamento della crescita del consumo nei principali settori di espansione che sono i trasporti, il parco edilizio ed il terziario, la dipendenza energetica dell'Unione continuerà ad aumentare. La disponibilità fisica nell'Unione Europea, pur sensibilmente aumentata dalla prima crisi petrolifera, grazie alle politiche di inquadramento della domanda e di sfruttamento delle risorse interne, dovrebbe registrare un netto indebolimento.

L'esaurimento delle risorse del Mare del Nord e un regresso parziale del nucleare, più o meno accentuato, non farebbero che rafforzare il fenomeno a lungo termine. Anche dopo l'allargamento e includendo la Norvegia, il tasso di dipendenza dell'Unione Europea continuerà ad essere superiore di circa 20 punti in percentuale (70%) rispetto a quello odierno.

Il trattato Euratom, firmato nel 1957, si è prefisso di dotare la Comunità Europea di una fonte alternativa di approvvigionamento di energia interna per porre freno alla crescente dipendenza esterna dal petrolio del Medio Oriente. Il trattato doveva permettere all'Europa di sviluppare il suo *know-how* e dotarsi dei mezzi necessari per sfruttare l'energia nucleare a scopi civili. Una messa in comune dei mezzi (conoscenze, infrastrutture, finanziamenti e controllo) doveva permettere di progredire più rapidamente e a costi inferiori.

Le centrali nucleari installate sul territorio europeo soddisfano il 35% del suo fabbisogno di elettricità. A causa dell'estensione del ciclo di vita dei reattori rispetto alle previsioni iniziali, resa possibile grazie, in particolare, ad una migliore conoscenza delle prestazioni dei materiali, il settore dell'energia nucleare è diventato competitivo e fonte di redditi considerevoli per gli operatori. Essi non hanno più bisogno di aiuti pubblici e non hanno necessità di ricorrere ai prestiti Euratom, che vengono utilizzati per rinnovare gli impianti dei paesi candidati.

I pericoli potenziali, sanitari e ambientali, della fissione nucleare suscitano oggi l'opposizione di una parte dell'opinione pubblica. Nel 1979 l'incidente di Three Miles Island negli Stati Uniti aveva causato il referendum svedese sul nucleare.

L'entrata di gruppi di pressione e di partiti ecologici nella vita politica degli Stati membri e l'incidente di Chernobyl (26 aprile 1986), il più grave della storia dell'atomo, hanno segnato una svolta nello sviluppo dell'industria nucleare in Europa. Su otto stati membri nuclearizzati, cinque hanno adottato o hanno annunciato una moratoria. La Francia, la Gran Bretagna e la Finlandia non si sono pronunciate per una sospensione del nucleare ma, molto probabilmente, nei prossimi

anni non saranno costruiti nuovi reattori, tranne forse in Finlandia. L'Italia ha rinunciato al nucleare con il referendum del 1987, la Germania ha annunciato la sua decisione di chiudere i suoi ultimi reattori nel 2021 ed il Belgio nel 2025.

I paesi candidati, alcuni dei quali si sono impegnati con l'Unione europea a chiudere i loro reattori nucleari poco sicuri, adottano una posizione sfumata quanto a scelte alternative rispetto al nucleare a causa delle conseguenze sulla loro economia. Mentre la Turchia ha rinviato *sine die* la costruzione di una centrale nucleare, la Polonia desidera mantenere aperta questa opzione. Non è da escludere che altri paesi candidati prevedano la possibilità di nuove centrali (Libro Verde, 2000).

La Commissione dovrebbe valutare in quale misura gli stati membri abbiano progredito nella realizzazione dei loro obiettivi indicativi nazionali e in quale misura tali obiettivi siano compatibili con quello indicativo globale del 12 % del consumo interno lordo di energia nel 2010. L'obiettivo indicativo del 12% contenuto nel Libro Bianco da conseguire entro il 2010 per tutta l'UE impartisce un utile orientamento per maggiori sforzi sia a livello comunitario sia degli stati membri, non perdendo di vista la necessità di tener conto delle diverse situazioni nazionali.

I meccanismi di sostegno delle fonti energetiche rinnovabili a livello nazionale sono differenti. Per conseguire l'obiettivo della presente direttiva è importante garantire il buon funzionamento di questi fino all'introduzione di un quadro comunitario allo scopo di mantenere la fiducia degli investitori.

La direttiva mira a promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato interno e a creare le basi per un futuro quadro comunitario in materia, definendo, quali fonti energetiche rinnovabili, le non fossili: eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, maremotrice, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas, e, per elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili, quella generata da impianti alimentati esclusivamente con fonti energetiche

rinnovabili. Entro il 27 ottobre 2002, e successivamente ogni cinque anni, gli Stati membri devono adottare e pubblicare una relazione, stabilendo per i dieci anni successivi, gli obiettivi indicativi nazionali di consumo futuro di elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili in termini di percentuale del consumo di elettricità. Tale relazione delinea, inoltre, le misure adottate o previste a livello nazionale per conseguire gli obiettivi.

La Commissione Europea ha obbligo di presentare, entro il 27 ottobre 2005, una relazione ben documentata sull'esperienza maturata durante l'applicazione e la coesistenza dei diversi meccanismi valutando il successo, compreso il rapporto costo-efficacia, dei regimi di sostegno nel promuovere il consumo di elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili in conformità con gli obiettivi indicativi nazionali.

Mantenendo inalterata l'affidabilità e la sicurezza della rete, gli stati membri adottano le misure necessarie ad assicurare che i gestori delle reti di trasmissione e di distribuzione presenti sul loro territorio, garantiscano la trasmissione e la distribuzione di elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili. Essi possono, inoltre, prevedere un accesso prioritario alla rete dell'elettricità prodotta da fonti rinnovabili. Nel trattamento degli impianti di produzione i gestori delle reti di trasmissione danno la priorità a impianti di produzione che utilizzano fonti energetiche rinnovabili nella misura consentita dal funzionamento del sistema elettrico nazionale.

Gli stati membri istituiscono un quadro giuridico o impongono ai gestori delle reti di trasmissione e di distribuzione di elaborare e pubblicare le loro norme standard relative all'assunzione dei costi degli adattamenti tecnici, quali connessioni alla rete e potenziamenti della stessa, per integrare nuovi produttori che immettono, nella rete interconnessa, elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili. Tali norme si basano su criteri oggettivi, trasparenti e non discriminatori, che tengono conto, in particolare, di tutti i costi e i benefici della connessione di tali produttori alla rete. Le norme possono prevedere diversi tipi di connessione.

**Tabella 13 – Valori di riferimento per gli obiettivi indicativi nazionali degli Stati membri relativi al contributo dell'elettricità prodotta da rinnovabili al consumo lordo di elettricità entro il 2010**

	Elettricità FER TWh 1997 (**)	% Elettricità FER 1997 (***)	% Elettricità FER 2010 (****)
Belgio	0,86	1,1	6,0
Danimarca	3,21	8,7	29,0
Germania	24,91	4,5	12,5
Grecia	3,94	8,6	20,1
Spagna	37,15	19,9	29,4
Francia	66,00	15,0	21,0
Irlanda	0,84	3,6	13,2
Italia	46,46	16,0	25,0 (1)
Lussemburgo	0,14	2,1	5,7 (2)
Paesi Bassi	3,45	3,5	9,0
Austria	39,05	70,0	78,1 (3)
Portogallo	14,30	38,5	39,0 (4)
Finlandia	19,03	24,7	31,5 (5)
Svezia	72,03	49,1	60,0 (6)
Regno Unito	7,04	1,7	10,0
Comunità	338,41	13,9 %	22 % (****)

(\*) Nel tener conto dei valori di riferimento enunciati nel presente allegato, gli Stati membri partono necessariamente dall'ipotesi che la disciplina degli aiuti di Stato per la tutela dell'ambiente consente regimi nazionali di sostegno alla promozione dell'elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili.

(\*\*) I dati si riferiscono alla produzione nazionale di elettricità FER nel 1997.

(\*\*\*) Le percentuali relative all'elettricità FER nel 1997 e nel 2010 si basano sulla produzione nazionale di elettricità FER divisa per il consumo interno lordo di elettricità. In caso di scambi interni di elettricità FER (con certificazione riconosciuta od origine registrata), il calcolo di tali percentuali inciderà sui dati per il 2010 relativi ai singoli Stati membri, ma non sul totale per la Comunità.

(\*\*\*\*) Cifra arrotondata risultante dai valori di riferimento sopra indicati.

(1) L'Italia dichiara che il 22 % potrebbe essere una cifra realistica, nell'ipotesi che nel 2010 il consumo interno lordo di elettricità ammonti a 340 TWh.

Nel tener conto dei valori di riferimento enunciati nel presente allegato, l'Italia muove dall'ipotesi che la produzione interna lorda di elettricità a partire da fonti energetiche rinnovabili rappresenterà nel 2010 fino a 76 TWh, cifra che comprende anche l'apporto della parte non biodegradabile dei rifiuti urbani e industriali utilizzati in conformità della normativa comunitaria sulla gestione dei rifiuti. Al riguardo si rilevi che la capacità di conseguire l'obiettivo indicativo enunciato nell'allegato dipende, tra l'altro, dal livello effettivo della domanda interna di energia elettrica nel 2010.

(2) Tenuto conto dei valori indicativi di riferimento enunciati nel presente allegato, il Lussemburgo ritiene che l'obiettivo fissato per il 2010 possa essere conseguito soltanto se:

- in tale anno il consumo complessivo di energia elettrica non supererà quello del 1997,
- sarà possibile moltiplicare per 15 l'energia elettrica di origine eolica,

Fonte: Libro Bianco 1997, da Eurostat

I gestori delle reti di trasmissione e di distribuzione forniscono, al nuovo produttore che desidera allacciarsi alla rete, una stima esauriente e dettagliata dei costi di connessione. Gli stati membri possono permettere ai produttori di elettricità rinnovabile, che desiderano connettersi alla rete, di indire una gara di appalto per i lavori di connessione.

Gli stati membri garantiscono che la tariffazione dei costi di trasmissione e di distribuzione non penalizzi l'elettricità prodotta a partire da fonti energetiche rinnovabili, compresa, in particolare, l'elettricità proveniente da fonti energetiche rinnovabili prodotte in zone periferiche, quali le regioni insulari e le regioni a bassa densità di popolazione.

Le fonti energetiche e le relative tecnologie di utilizzo hanno sempre beneficiato di un sostegno finanziario e politico. Negli Stati membri sono attualmente in vigore vari regimi di sostegno per le fonti di energia rinnovabili. Si tratta, in generale, di regimi nazionali diversi fra loro perché a sostegno di politiche diverse, come la sicurezza degli approvvigionamenti, l'occupazione locale o la riduzione delle emissioni e di tecnologie diverse.

La direttiva riconosce che la varietà di regimi nazionali costituisce una preziosa fonte di informazioni sulle buone pratiche per la promozione dell'energia elettrica verde. Nei regimi nazionali spesso si trovano riunite diverse modalità di sostegno destinate a particolari contesti nazionali e regionali. Può trattarsi principalmente di regimi che riguardano l'offerta, come le sovvenzioni agli investimenti in conto capitale, destinate ad una particolare fonte rinnovabile e integrate da una tariffa favorevole per l'acquisto dell'elettricità immessa in rete. Oppure regimi relativi alla domanda, come le quote obbligatorie abbinate a veri e propri titoli negoziabili, i certificati verdi.

È importante osservare che le fonti di energia rinnovabili si differenziano non soltanto sotto il profilo tecnologico, ma anche nella dimensione economica, nella fase di sviluppo che attraversano e per altri fattori. Ciò significa che, in periodi diversi, possono rivelarsi idonei regimi di sostegno diversi. L'efficacia dimostrata, nel

promuovere la diffusione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili sui mercati nazionali, potrà costituire un punto di riferimento per le reti elettriche europee e i futuri scambi transfrontalieri di elettricità verde. La direttiva incarica la Commissione di riferire nel 2005 sull'applicazione pratica dei regimi nazionali e sulla loro efficacia in termini di costo per quanto riguarda la promozione delle fonti di energia rinnovabili.

Un aspetto importante dei regimi di sostegno è rappresentato dal trattamento dei costi esterni. I costi esterni, noti anche come "esternalità", sono i costi finanziari, sociali ed economici che non sono compresi nel prezzo pagato dal consumatore, come ad esempio i costi sanitari e ambientali dell'inquinamento causato dalle centrali a combustibili fossili. Pur non essendo inclusi nella fattura inviata al consumatore, questi costi sono reali e devono essere pagati. Di solito vanno a carico della società, che deve fornire servizi sanitari, pulire gli edifici e lottare contro gli effetti del cambiamento climatico. La disciplina comunitaria degli aiuti di Stato per la tutela dell'ambiente consente agli Stati membri di iniziare ad internalizzare tali costi esterni.

Oltre alla possibilità di utilizzare bandi di gara specifici, gli Stati membri ricorrono a uno o più dei regimi descritti di seguito:

- *tariffe di acquisto incentivate*: fissano un prezzo favorevole e garantito per i produttori di elettricità verde e impongono agli operatori della rete l'obbligo di acquistare l'energia prodotta. Di norma il prezzo è garantito per un lungo periodo al fine di incoraggiare gli investimenti in nuovi impianti alimentati da fonti rinnovabili. Le tariffe di acquisto incentivate sono misure riguardanti l'offerta che favoriscono l'ingresso dell'elettricità verde sul mercato;
- *certificati verdi negoziabili*: i certificati finanziari verdi sono rilasciati per l'elettricità prodotta da fonti rinnovabili. Obbligo di una quota di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili può essere imposto a carico delle compagnie elettriche e dei grandi consumatori. L'obbligo si può soddisfare mediante la produzione dell'elettricità verde oppure attraverso l'acquisto di certificati verdi. I certificati verdi costituiscono quindi una misura sul lato della

domanda, il cui motore è costituito da quote obbligatorie che fungono da “traino” dell’energia verde sul mercato;

- *misure di ordine fiscale e finanziario*: le riduzioni fiscali per gli investimenti, la produzione o il consumo di energia elettrica verde rappresentano semplici esempi di misure fiscali atte a stimolare la domanda o l’offerta. Si tratta in molti casi di esenzioni dalle “ecotasse” o dalle imposte sulle emissioni di anidride carbonica (“carbon tax”) che gravano sui combustibili fossili. Fra le misure finanziarie possono inoltre figurare la riduzione dei tassi di interesse sui prestiti per ridurre il costo degli investimenti e incentivare l’avvento di nuove capacità di produzione di energia rinnovabile;
- *sostegno agli investimenti*: questo aspetto comporta l’erogazione di sovvenzioni finanziarie dirette per la creazione di capacità di produzione di energia rinnovabile. Si tratta di una misura atta a stimolare l’offerta, che può facilmente essere adattata in modo da incentivare particolari forme di energia rinnovabile in linea con le politiche nazionali e regionali.

I produttori di energie rinnovabili sono spesso piccoli con impianti diffusi su un ampio territorio, come le piccole centrali idroelettriche o gli impianti alimentati a biomassa, ubicati nei pressi di foreste e regioni agricole. È importante che questi impianti possano allacciarsi alla rete di distribuzione dell’energia elettrica a costi contenuti. La direttiva impone agli Stati membri di garantire l’accesso ai produttori di energia elettrica verde, ai quali, se necessario, si può concedere un accesso prioritario. Per rendere possibile il conseguimento di questo obiettivo gli operatori di rete devono stabilire norme eque e trasparenti sui costi di allacciamento alla rete e sulle modalità di ripartizione dei costi fra i produttori. Queste norme non possono discriminare i produttori di energie rinnovabili. Analogamente, le tariffe di trasmissione e distribuzione non possono penalizzare le fonti di energia rinnovabili, in particolare quelle provenienti da regioni periferiche e da zone a bassa densità di popolazione. Inoltre i gestori delle reti di trasmissione devono concedere la priorità all’approvvigionamento all’energia elettrica da fonti rinnovabili rispetto a quella prodotta da fonti

convenzionali, nella misura in cui le modalità di funzionamento della rete lo consentano.

La legge sull'alimentazione energetica varata dal governo tedesco rappresenta un esempio del modo in cui, sul piano dell'offerta, la normativa sull'accesso alla rete può determinare un aumento dei consumi di elettricità verde. La legge obbliga i gestori della rete ad acquistare energia elettrica da fornitori di energie rinnovabili, qualora disponibili. Viene fissato un prezzo d'acquisto minimo garantito, basato sui costi, sulla tecnologia e sull'ubicazione degli impianti, per contribuire alla redditività economica del fornitore di energia rinnovabile. Inoltre è previsto un accordo sui prezzi di durata ventennale, che offre garanzie in materia di programmazione agli investitori, favorendo, in tal modo gli investimenti in capacità supplementari. Per evitare distorsioni del mercato i costi addizionali sostenuti dai singoli gestori di rete sono ripartiti su tutto il paese e trasmessi a tasso uniforme ai consumatori. Da quanto è stata varata la legge, nel 2000, i consumi di elettricità verde sono passati dal 5,3 all'8 % del consumo totale, grazie soprattutto agli impianti di energia eolica.

## ***9.2. La normativa italiana***

La normativa italiana in materia di energia è in realtà precedente alle Direttive comunitarie, tuttavia, la lentezza con cui sono stati emessi i decreti attuativi l'hanno resa obsoleta e priva di effettiva valenza. La legge 10 del 9 gennaio 1991<sup>23</sup> era stata emanata per migliorare i processi di trasformazione dell'energia, ridurre i consumi di energia e migliorare le condizioni di compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia a parità di servizio reso e di qualità della vita, l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo di manufatti, l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia, la riduzione dei consumi specifici di energia nei processi produttivi, una più rapida sostituzione degli impianti in

23. Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

particolare nei settori a più elevata intensità energetica, anche attraverso il coordinamento tra le fasi di ricerca applicata, di sviluppo dimostrativo e di produzione industriale.

Interessante è l'introduzione prevista di strumenti per la promozione e l'implementazione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico con l'obbligo, per le regioni, di predisporre un piano regionale o provinciale contenente in particolare (art. 5):

- il bilancio energetico regionale o provinciale;
- l'individuazione dei bacini energetici territoriali;
- la localizzazione e la realizzazione degli impianti di teleriscaldamento;
- l'individuazione delle risorse finanziarie da destinare alla realizzazione di nuovi impianti di produzione di energia;
- la destinazione delle risorse finanziarie, secondo un ordine di priorità relativo alla quantità percentuale e assoluta di energia risparmiata, per gli interventi di risparmio energetico;
- la formulazione di obiettivi secondo priorità di intervento;
- le procedure per l'individuazione e la localizzazione di impianti per la produzione di energia fino a dieci megawatt elettrici per impianti installati al servizio dei settori industriale, agricolo, terziario, civile e residenziale, nonché per gli impianti idroelettrici.

Imponendo, inoltre, che i piani regolatori generali di cui alla legge 17 agosto 1942, n. 1150, e successive modificazioni e integrazioni, dei comuni con popolazione superiore a cinquantamila abitanti, devono prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo all'uso delle fonti rinnovabili di energia. Al fine di incentivare la realizzazione di iniziative volte a ridurre il consumo specifico di energia, il miglioramento dell'efficienza energetica, l'utilizzo delle fonti di energia la legge prevedeva la concessione di contributi in conto capitale nella misura minima del 20% e nella misura massima del 40% della spesa di investimento ammissibile, documentata per specifici interventi a sostegno dell'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia nell'edilizia: nella climatizzazione e nella illuminazione degli ambienti, adibiti anche ad uso industriale, artigianale, commerciale, turistico, sportivo ed

agricolo, nell'illuminazione stradale, nonché nella produzione di energia elettrica e di acqua calda sanitaria nelle abitazioni adibite ad uso civile e ad uso industriale, artigianale, commerciale, turistico, sportivo ed agricolo (art. 8).

La normativa italiana è rimasta disattesa in materia di produzione energetica in particolare e cerca di adeguarsi alla direttiva europea con il decreto legislativo n. 387 del 29/12/2003 sull'attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità". Esso enuncia e definisce le fonti energetiche rinnovabili e si pone quali finalità (art. 1):

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali di cui all'articolo 3, comma 1;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

Vengono altresì fissati gli obiettivi nazionali e le misure di promozione per dette fonti, per il solare in particolare, nonché le modalità di partecipazione al mercato elettrico.

Il decreto stabilisce, anche se in maniera sintetica, il finanziamento e gli incentivi per l'elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili. Gli incentivi possono essere dati in conto capitale, o come certificati verdi. La prima iniziativa di sostegno alla produzione elettrica in Italia è stato il provvedimento CIP 6/92 che ha tuttavia remunerato, per circa il 70% dell'incentivazione totale, impianti di produzione alimentati da fonti assimilate, fonti di origine fossile a basso impatto ambientale.

Tutto ciò ha portato alla necessità di studiare un nuovo meccanismo di incentivazioni da cui sono scaturiti i “certificati verdi”<sup>24</sup>.

Il decreto Bersani stabilisce le regole per l’emissione dei certificati verdi, definendo che la certificazione di Impianto alimentato da fonte rinnovabile (Iafr) venga rilasciato agli impianti entrati in funzione dopo il 1 aprile 1999, in seguito ad operazioni di potenziamento, rifacimento, riattivazione o nuova costituzione. Impone che a partire dal 2002 il 2% dell’energia da fonte non rinnovabile, prodotta o importata, oltre la quota di 100 GWh, debba essere documentata attraverso i certificati.

Il decreto legislativo n. 387 impone che a partire dal 2004 e fino al 2006, la quota minima di energia prodotta da fonti rinnovabili che deve essere immessa in rete venga incrementata annualmente dello 0,35% e, per i due trienni successivi, gli incrementi saranno stabiliti dal ministro delle attività produttive. Inserisce i rifiuti nel regime di incentivazione dei certificati verdi, in tale categoria rientrano la frazione non biodegradabile ed i combustibili derivati dai rifiuti. Viene fissato in 8 anni il periodo di riconoscimento dei certificati al netto dei periodi di fermo.

Tra le novità immesse con la legge Marzano vi è l’inserimento, nel regime di incentivazione dei certificati verdi, dell’energia prodotta dagli impianti di cogenerazione. In particolare possono usufruire dell’incentivazione gli impianti di cogenerazione abbinati al teleriscaldamento limitatamente alla quota di energia termica effettivamente utilizzata per il teleriscaldamento. La taglia dei certificati viene stabilita in 50 MWh a partire dall’1 gennaio 2005.

Le direttive per la regolamentazione dell’emissione dei certificati verdi alle produzioni di energia (articolo 1 della legge Marzano) sono state emanate con il decreto ministeriale del 24 ottobre 2005. Il Testo Unico Ambientale, ossia il decreto legislativo n. 152/06, ha esteso la durata dei certificati verdi a 12 anni.

24. Le caratteristiche di tali certificati sono: taglia, 50MWh; durata incentivazione, 8 anni; durata singolo certificato, 3 anni; percentuale di energia da certificare, 2,7 % nel 2005 e 3,05% nel 2006 (oltre la quota di 100 GWh). I riferimenti normativi dei certificati sono il decreto “Bersani”, n. 79/99, il decreto n. 387 del 29/12/03 e la Legge “Marzano” n. 239 del 23/08/04.

Queste forme di incentivo sono valide per tutte le fonti energetiche rinnovabili contenute nei suddetti decreti. Discorso a parte meritano gli incentivi agli impianti fotovoltaici che hanno seguito un percorso parallelo alle altre fonti di energia e supportato da maggiori attenzioni.

### ***9.3. Gli incentivi al fotovoltaico: dal conto capitale al conto energia***

Il sostegno finanziario alla ricerca e allo sviluppo rappresenta una delle priorità impellenti per il fotovoltaico e a questo scopo si rivela indispensabile un consistente intervento delle istituzioni e degli enti locali. In una prima fase le strategie adottate dall'Unione Europea sono state rappresentate da programmi per la ricerca quali Joule, Thermie, Save, Altener. In seguito sono stati adottati ulteriori strumenti quali sgravi fiscali, contributi in conto capitale per rendere il mercato delle fonti energetiche rinnovabili appetibili e soprattutto per l'utenza privata. Si è ritenuto opportuno istituire un finanziamento pubblico a fondo perduto fino a circa 70-75% delle spese relative alla realizzazione. Su tali premesse è stato organizzato il Programma "tetti fotovoltaici", promosso dal Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, nell'ambito di una più ampia strategia comunitaria di promozione del fotovoltaico.

Il conto capitale comporta il finanziamento a fondo perduto, fino al 75%, degli oneri sostenuti per l'installazione degli impianti dovuti a:

- redazione di pratiche edilizie, progettazione, direzione dei lavori, collaudo e certificazione degli impianti;
- fornitura dei materiali e dei componenti necessari alla realizzazione degli impianti;
- installazione e posa in opera degli impianti;
- eventuali opere edili strettamente necessarie e connesse all'installazione degli impianti.

Al contributo si aggiunge il *net-metering*, la possibilità di scambiare sul posto energia con la rete elettrica. L'energia in eccesso non utilizzata dall'utente dell'impianto fotovoltaico viene ceduta alla rete e remunerata allo stesso prezzo di quella da essa prelevata. L'utente non

riceve direttamente la somma di denaro ma a fine anno, a conguaglio, la quota dovuta per l'immissione gli viene detratta dalla bolletta (Aste, 2006).

Il meccanismo del conto capitale rappresenta il primo passo per l'avvio di un concreto mercato del fotovoltaico, inducendo gli utenti, garantiti finanziariamente, ad avvicinarsi alla nuova tecnologia. Tuttavia la poca attenzione alla produttività è un limite per il conto capitale che vede la sua naturale conseguenza nel "conto energia"<sup>25</sup>, meccanismo di incentivazione che premia la produzione dell'elettricità solare.

Con il decreto ministeriale del 28 luglio 2005, e successivi aggiornamenti del decreto del 6 febbraio 2006, anche in Italia è iniziata l'esperienza del conto energia per il settore fotovoltaico. Tali decreti hanno avviato il meccanismo che prevede l'incentivazione del kWh fotovoltaico, in attuazione dell'art.7 del Dlgs. 387 del 2003.

Il decreto, elaborato dal Ministero delle Attività produttive di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, dopo il parere favorevole della Conferenza Unificata, definisce il cosiddetto "conto energia" per il fotovoltaico per impianti con taglie comprese tra 1 e 1.000 kiloWatt di potenza (kWp). Il successivo passo per far partire definitivamente il meccanismo di incentivazione è stato di competenza dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas. Con la delibera n. 188 del 28/07/2005 l'Autorità ha individuato nel Gestore del Sistema Elettrico (Gse) il cosiddetto "soggetto attuatore" e previsto le modalità e le condizioni di erogazione delle tariffe incentivanti, nonché quelle per la presentazione delle domande e le necessarie verifiche. Ulteriori modifiche e precisazioni al decreto sono state integrate con il nuovo decreto ministeriale del 6 febbraio 2006.

La delibera dell'Autorità definisce l'incentivazione per la produzione elettrica da fotovoltaico che sarà erogata su tutta la produzione dell'impianto per 20 anni ed i soggetti, persone fisiche e

25. Il conto energia riflette, anche se relativamente al solo fotovoltaico, la normativa tedesca per l'incentivazione delle fonti energetiche rinnovabili.

giuridiche, compresi i soggetti pubblici ed i condomini di edifici, che possono inoltrare al Gse la domanda per la costruzione di impianti fotovoltaici e beneficiare della tariffa incentivante.

Le tariffe per kWh sono definite in base alla taglia dell'impianto e per gli impianti la cui domanda perverrà dal 2007 la tariffa decrescerà del 5%<sup>26</sup>.

Le tariffe<sup>27</sup> incentivanti per il fotovoltaico vengono erogate per 20 anni ad impianti con potenza fino a 1.000 kW. Per quelli da 1 a 20 kWp la tariffa è di 0,445 €/kWh, da 20 a 50 kWp è di 0,460 €/kWh, mentre tra 50 e 1.000 kWp la tariffa è 0,490 €/kWh (valore massimo della tariffa soggetto a gara).

Le tariffe verranno aggiornate per le domande di impianti presentate dal 2007 secondo l'incremento dell'indice Istat insieme alla decurtazione della tariffa stessa del 5% l'anno. L'aggiornamento delle tariffe incentivanti sarà a cura del Gse.

Il decreto del 2006 introduce un incremento nella tariffa incentivante del 10% per l'integrazione dell'impianto fotovoltaico in edifici di nuova costruzione o oggetto di ristrutturazione straordinaria. Dette tariffe rimangono costanti fino al 2012. Il meccanismo italiano del conto energia può essere considerato una sorta di "sistema di incentivazione misto o ibrido". Infatti, l'energia elettrica, prodotta dall'impianto fotovoltaico, beneficerà della tariffa incentivante sia se autoconsumata sia se immessa nella rete locale, quando la produzione eccede il consumo delle proprie utenze, e conteggiata da un apposito contatore.

Nel caso di impianti fino ai 20 kW di potenza, oltre all'incentivo ventennale proveniente dalla produzione moltiplicato per la tariffa incentivante, un ulteriore beneficio è un risparmio sui normali consumi. Infatti, l'elettricità da fotovoltaico, utilizzata dall'utenza e/o ceduta alla rete elettrica locale, sarà scontata dalle bollette. In tal caso l'ulteriore

26. Il 19/02/2007 è stato pubblicato un nuovo decreto sul conto energia, previsto dalla finanziaria 2007, che riguarda la produzione da fotovoltaico (cfr. parte III, §§ 3., 3.1. e 3.2.).

27. La descrizione delle tariffe è relativa al decreto del 2005 ed il successivo del 2006 rimandando le innovazioni introdotte dal decreto del 2007 alla parte III della ricerca.

beneficio economico dipenderà dalla tariffa del contratto di fornitura dell'elettricità (in media tra 0,16-0,18 €/kWh).

Il decreto del 2006 stabilisce, inoltre, che per gli impianti con potenza non superiore a 20 kWp è possibile optare tra il servizio di scambio sul posto e la cessione in rete dell'energia prodotta.

Nel primo caso la tariffa incentivante è pagata solo per l'energia prodotta e consumata in loco, a significare che il miglior dimensionamento dell'impianto dovrebbe essere fatto in base ai consumi del proprietario, altrimenti la produzione di elettricità solare in eccesso rispetto ai consumi non verrà retribuita. Nel secondo caso può essere incentivata tutta la produzione da fotovoltaico.

Per impianti con potenza compresa tra 20 kW e 50 kW, oltre all'incentivo ventennale proveniente dalla produzione per la tariffa incentivante (0,46 €/kWh), sono previsti anche benefici aggiuntivi<sup>28</sup>.

Nel caso di impianti tra 50 e 1.000 kWp di potenza l'incentivo ventennale proveniente dalla produzione è moltiplicato per una tariffa incentivante che dovrà essere proposta dal richiedente e il cui valore massimo è stabilito in 0,49 €/kWh. Tale tariffa è sottoposta ad un meccanismo di gara. Anche per queste taglie di impianto si potrà aggiungere il beneficio del risparmio per l'utenza collegata al sistema, consentito dall'utilizzo dell'energia fotovoltaica prodotta e autoconsumata: ricavato derivante dalla vendita delle eccedenze alla rete locale (0,095 € fino a 500 mila kWh/anno ceduti alla rete; 0,080 € da 500 mila a 1 milione di kWh/anno e 0,070 € da 1 milione a 2 milioni di kWh/anno).

Mentre per le prime due tipologie (taglie 1-20 e 20-50 kWp) l'elenco degli impianti aventi diritto alla tariffa incentivante è ordinato secondo la data di presentazione della domanda al Gse, nel caso degli impianti sopra i 50 kWp la graduatoria è definita in base al valore della tariffa incentivante richiesta: la priorità sarà data quindi a quelle domande con il valore più basso della tariffa.

28. A tale incentivo si potranno aggiungere i benefici derivanti dal risparmio per l'utenza collegata al sistema, consentito dall'utilizzo dell'energia fotovoltaica prodotta e autoconsumata ed il ricavato derivante dalla vendita delle eccedenze alla rete locale ed il prezzo dell'energia ceduta alla rete è di 0,095 €, con cessioni fino a 500 mila kWh/anno.

Inoltre, per gli impianti con taglia da 50 a 1.000 kWp il soggetto responsabile dell'impianto ha l'obbligo di presentare una dichiarazione con l'impegno a costituire e far pervenire al Gse una cauzione definitiva entro 30 giorni dalla data di comunicazione dell'accettazione della tariffa incentivante da parte del Gse stesso. La cauzione, dell'importo di 1.000 € per kWp da installare, è considerata quale penale in caso di mancata realizzazione dell'impianto nei termini previsti dal decreto.

La cauzione non è richiesta per domande provenienti da enti locali. Il decreto prevede anche specifiche condizioni per la cumulabilità del conto energia con altri incentivi (art.10)<sup>29</sup>.

La domanda deve contenere, tra l'altro, il progetto preliminare dell'impianto fotovoltaico, comprendente la scheda tecnica firmata da un tecnico abilitato o da un professionista iscritto agli albi. Il Gse valuta l'ammissibilità tecnica delle richieste pervenute e potrà effettuare le verifiche durante la realizzazione e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico, avvalendosi anche della collaborazione di terzi (enti di certificazione, istituti universitari o di ricerca). Il Gse, entro 90 giorni dalla scadenza della presentazione delle domande di impianto, informerà i richiedenti in merito all'accettazione della domanda inoltrata. Il pagamento delle "tariffe incentivanti" in conto energia è erogato dal Gse su base mensile, dopo che il soggetto responsabile dell'impianto avrà comunicato al Gse la quantità di energia elettrica prodotta dal proprio sistema fotovoltaico.

Il pagamento delle tariffe incentivanti avviene nel mese successivo a quello in cui l'ammontare cumulato di detto corrispettivo supera il valore di 250 € per impianti fino a 20 kWp e di 500 € per quelli con potenza superiore ai 20 kWp. Solo per impianti superiori ai 20 kWp di potenza il proprietario ha l'ulteriore obbligo di trasmettere al Gse una copia della dichiarazione di produzione di energia elettrica (su base annuale e riferita all'anno solare precedente) presentata all'Ufficio

29. In particolare: le tariffe incentivanti sono ridotte del 30% se il soggetto che realizza l'impianto beneficia della detrazione fiscale Irpef del 41%, iva inclusa; le tariffe incentivanti non verranno erogate se gli impianti hanno ricevuto incentivi pubblici in conto capitale superiori al 20% del costo di investimento o se usufruiscono dei certificati verdi.

tecnico di finanza. In merito agli aspetti fiscali va ricordato che per gli impianti sotto i 20 kW di potenza sussistono le agevolazioni previste dalla legge 133/99 secondo la quale “l’esercizio di impianti da fonti rinnovabili di potenza elettrica non superiore a 20 kWp, anche collegati alla rete, non è soggetto agli obblighi di officina elettrica e l’energia consumata, sia autoprodotta che ricevuta in conto scambio, non è sottoposta all’imposta erariale e alle relative addizionali sull’energia elettrica”.

Il decreto del 2006 inserisce anche i moduli fotovoltaici a “film sottile”, esclusi nel decreto del 28 luglio 2005, per qualsiasi tipo e taglia di impianto fotovoltaico, ma la domanda deve provenire soltanto da persona giuridica. Il decreto stabilisce anche che l’obiettivo nazionale di potenza cumulata da installare sia, al 2015, pari a 1.000 MW (era di 300 MW nel precedente decreto). I costi dell’incentivazione degli impianti fotovoltaici non sono a carico dello stato, ma saranno coperti con un prelievo sulle tariffe elettriche di tutti i consumatori (componente tariffaria A3).

Le nuove tariffe incentivanti introdotte con la finanziaria 2007 (cfr. parte III, §§ 3., 3.1., 3.2.) servono da sprone all’implementazione diffusa del fotovoltaico a scala micro per cercare di avvicinarsi al meglio agli obiettivi imposti all’Italia dal protocollo di Kyoto per contribuire alla diminuzione dell’emissione dei gas climalteranti e migliorare la qualità dell’ambiente e della vita. Il tentativo è ristabilire l’equilibrio ecosistemico, fortemente alterato. La concentrazione dell’anidride carbonica nell’atmosfera è aumentata da 280 ppm a 370 ppm dall’inizio della rivoluzione industriale a oggi a causa della combustione dei combustibili fossili.

Nel 1997 l’emissione totale di CO<sub>2</sub> è stata di 22,5 miliardi di tonnellate. Secondo l’*International Energy Agency* (Iea) si arriverà, se non si modifica la politica energetica mondiale, a 36 miliardi di tonnellate di emissioni nel 2020. Le responsabilità delle emissioni, però, non sono equamente ripartite, si va dalle 19 tonnellate pro capite annuo degli Stati Uniti alle 7 dell’Italia, alle 2 della Cina alle 0,7 dell’India, allo zero dell’oltre due miliardi di persone che, su questo pianeta, non

hanno neanche accesso all'elettricità. Durante il XX secolo la temperatura media dell'aria sulla Terra è aumentata fra 0,4 e 0,8 °C, con variazioni locali molto più accentuate, specialmente ai poli, e si prevede che nel 2100 l'incremento della temperatura della superficie terrestre potrà raggiungere i 5,8 °C.

L'uomo si accorge dei danni arrecati all'ambiente dai suoi comportamenti scorretti quando si trova in situazioni di emergenza e solo in questi casi cerca di reconsiderarne il valore.

## **10. Il valore dell'ambiente**

Il valore economico è il rapporto tra condizioni di un individuo in funzione dei propri desideri e bisogni: beneficio, condizione migliore, costo, peggiore. Esso misura quindi le preferenze umane in funzione dei cambiamenti nello stato dell'ambiente, ma non dà valore allo stesso. Pertanto la valutazione economica dell'ambiente esprime un valore parziale in quanto si può verificare che (Turner et al., 2002):

- i metodi e le tecniche utilizzati per misurare le preferenze, ad esempio la disponibilità a pagare, sono poco attendibili;
- il destino dell'ambiente non dovrebbe essere determinato dai desideri umani;
- i bisogni umani, pur essendo importanti, non costituiscono l'unica fonte di valore; la natura ha un "valore intrinseco" che, nonostante accettato dagli economisti, ad esso viene preferito il calcolo del valore strumentale della disponibilità a pagare.

Se ci riferiamo, pertanto, alle azioni che possono provocare "sfruttamento" o "conservazione-miglioramento" dello stato dell'ambiente potremmo porci nella condizione di provare a determinarne il suo "valore".

Mentre nel caso di beni privati, scambiabili su un mercato, le informazioni sono agevolmente ricavabili, per i beni ambientali, cioè pubblici, non esiste un mercato sul quale possano essere scambiati.

Se è difficile calcolare il valore che le persone assegnano a un bene ambientale, ciò non diminuisce l'importanza dello sforzo volto a

stimare tale valore e quindi la domanda del bene ambientale in questione. Migliorare la qualità dell'aria, ad esempio, implica un costo che non verrà mai pagato se non esiste una disponibilità a pagare per esso.

Conoscere i benefici di un progetto di miglioramento ambientale in termini di disponibilità a pagare per ottenerli è importante al fine di determinare la decisione di sostenere i costi associati al progetto.

Nella valutazione economica dei beni ambientali l'approccio si fonda tendenzialmente sulla modalità con cui esso viene determinato, cioè, mediante l'interazione tra l'uomo, che attribuisce il valore, e l'oggetto da valutare. Pertanto gli individui sono caratterizzati da una serie di valori predeterminati che possiamo distinguere in due componenti principali: il *valore d'uso* ed il *valore di non uso* (Turner et al., 2002; Musu, 2003, Fusco Girard, 1989; Fusco Girard e Nijkamp, 1997).

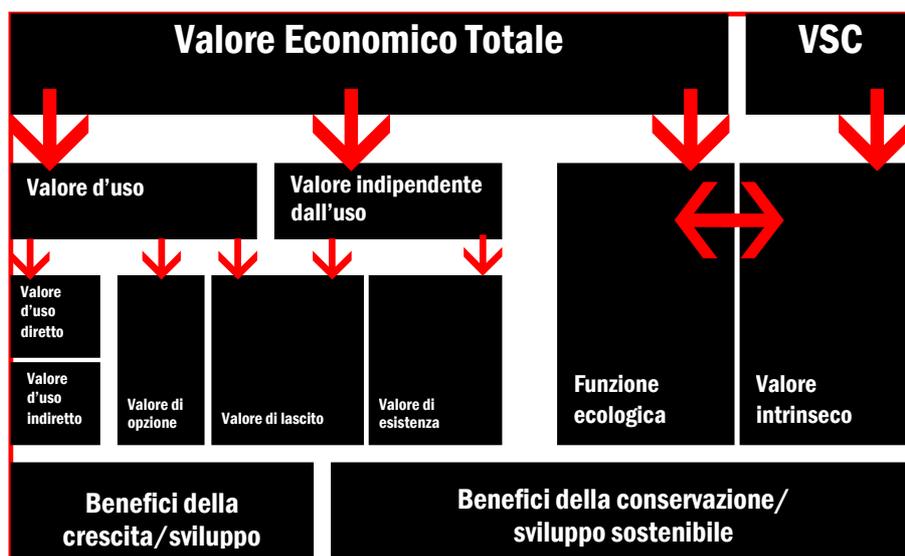
Il primo deriva dal consumo effettivo di un bene. Nel caso di un bene ambientale, questo include l'uso *corrente* ("sto attualmente visitando un parco naturale"), l'uso *atteso* ("ho in programma di visitare il parco naturale quest'anno"), l'uso *possibile* ("potrei visitare il parco naturale nei prossimi anni"). L'esistenza di un uso possibile significa che il bene ambientale può avere un valore anche se non è usato attualmente, ma semplicemente perché potrebbe essere usato in futuro (Musu, 2003).

Il miglioramento del valore d'uso avviene attraverso il modo in cui il bene ambientale influisce sulle persone<sup>30</sup>. I valori relativi all'opzione d'uso futuro dell'ambiente, valore di *opzione*, sono espressi, generalmente, dalla preferenza dell'individuo di fruire del bene nel futuro. Collegata all'opzione vi è sicuramente il valore di *eredità*, che

30. Gli effetti del valore d'uso possono essere diretti, come ad esempio l'influenza diretta sulla salute in termini di riduzione della morbilità derivante da una riduzione dell'inquinamento, o sul benessere, in termini di minore rumore o impatto visivo. Oppure vi possono essere effetti indiretti attraverso il miglioramento degli ecosistemi nei quali le persone vivono. Ad esempio l'inquinamento può danneggiare l'ecosistema che costituisce un parco naturale e quindi ridurre il valore ricreativo; ridurre l'inquinamento migliora il valore ricreativo. A volte gli effetti indiretti possono essere molto mediati: per esempio il danno alla biodiversità di una foresta tropicale può tradursi in una perdita di risorse genetiche e in minori possibilità di nuove medicine (Musu, 2003).

riflette la volontà di trasferire il bene alle generazioni future. Non rappresenta, dunque, un valore d'uso per l'individuo presente, ma un potenziale valore d'uso o non uso per i discendenti. Pertanto sia il valore di opzione, che di eredità, vengono spesso considerati come valori di non uso. A questi vanno aggiunti il *valore altruistico* (Musu, 2003) ed il *valore di esistenza* (fig. 1).

**Figura 6 – Dal valore economico totale al valore sociale complesso**



Fonte: Rielaborazione da Fusco Girard e Nijkamp, 1997; Turner et al., 2002; Casoni e Polidori, 2002; Musu, 2003

Il valore altruistico, in un certo senso collegato con quello di eredità, deriva non dal consumo di chi esprime la valutazione, ma dal fatto che chi esprime la valutazione ricava utilità dall'esistenza del bene perché questo consente che qualcun altro goda del bene. Il valore di esistenza

vero e proprio di un bene deriva semplicemente dal fatto di sapere che quel bene esiste e continua ad esistere<sup>31</sup>:

Le componenti del valore sono espresse in termini monetari, perciò sommabili e riportate ad un unico dato finale. Poiché le componenti di valore che costituiscono il Vet hanno una spiccata connotazione qualitativa, per la loro valutazione economica sono necessari dei metodi che utilizzino delle tecniche di analisi capaci di esprimere, in termini monetari, elementi ed effetti “intangibili”.

Il Vet può essere determinato in funzione della disponibilità a pagare per un bene. Sono stati proposti diversi metodi, tra i quali la “valutazione di contingenza”, il metodo del “costo di viaggio” e quello dei “prezzi edonici”.

Le tecniche di valutazione economica del capitale ambientale hanno dei limiti: nella pratica risulta difficile costruire curve di domanda relative ai servizi ecosistemici o, comunque, attraverso metodologie di questo genere, si riesce a cogliere soltanto parte del valore, ma non il loro “valore totale”, che dipende strettamente dalla complessità e dalla dinamicità dei sistemi ecologici e sociali, a cui si contrappongono la staticità e le semplificazioni di cui si serve l’analisi economica (Fusco Girard et al., 2003).

Le preferenze individuali dichiarate o rivelate, utili per la costruzione di curve di domanda non sempre sembrano adatte a prendere decisioni che, invece, necessitano di un processo di partecipazione pubblica in cui emergano l’attenzione verso i valori etici e culturali e non soltanto economici. In particolare, Turner (1992), attribuisce al capitale naturale due forme di valore, dette rispettivamente valore primario (Vp) e valore secondario totale (Vst); l’insieme del valore primario e secondario costituisce il valore totale (Vt) del capitale naturale. Ovvero:

$$Vt=(Vst, Vp)$$

31. Ad esempio, una determinata specie animale o vegetale, o un intero ecosistema, magari localizzato in siti remoti, che chi lo valuta magari mai visiterà e dal cui uso mai trarrà alcun beneficio neppure indiretto.

Il valore primario, è primitivo ad ogni altro valore dell'ecosistema e dipende da tutte le sue componenti biotiche e abiotiche e dalle interrelazioni esistenti tra queste. Esso esprime il valore che viene attribuito ad un ecosistema naturale in quanto sistema capace di auto-organizzarsi e di auto-mantenersi nel tempo, cioè di tenere insieme tutte le sue componenti. Il valore secondario totale, esprime il valore aggregato del flusso di funzioni, beni e servizi forniti dall'ecosistema in quanto sistema di sostegno alla vita. Tale flusso è generato dalle specie, popolazioni e comunità, che sono presenti nell'ecosistema e dalle loro interazioni dinamiche con l'ambiente fisico-chimico in cui vivono. Il Vst esiste solo se vi è il valore primario, ovvero perchè un ecosistema continua a possedere una complessa struttura multifunzionale che lo caratterizza come sistema di sostegno alla vita, capace di erogare un flusso di servizi a cui viene riconosciuto un certo valore per la società (Turner et al. 2002; Fusco Girard et al., 2003).

Pertanto il valore primario è correlato al concetto di “valore intrinseco” di una risorsa ed il valore secondario a quello di “valore economico totale”, in una prospettiva più ampia.

Un sistema bio-ecologico possiede un valore, cioè una finalità propria, che è rappresentata dall'autoriproduzione, dall'auto-organizzazione ed il Vet non sempre riesce a contenere in sé il Vst, in quanto molte funzioni e processi degli ecosistemi non possono essere valutate su scala monetaria. Esso inoltre, non incorpora mai il Vp, in quanto quest'ultimo non può essere espresso in termini economici.

In tale ottica si può affermare che la nozione di valore primario nasce e si sviluppa all'interno della cosiddetta “sostenibilità forte” (cfr. parte I, §§ 3. e 3.1.) secondo la quale il capitale naturale non può essere surrogato da altre forme di capitale, per cui è necessario che esso rimanga costante nel tempo.

Il capitale naturale (cfr. parte I, § 3.) rappresenta un elemento forte nell'identità di un territorio e di una comunità. Sebbene una comunità con il tempo si evolva, cambiando alcune delle sue caratteristiche, il patrimonio naturale, insieme a quello culturale, dovrebbero

rappresentare quell'elemento che garantisce la *permanenza nello sviluppo*, esprimendo la *continuità nel cambiamento*.

Il “valore intrinseco” può essere direttamente connesso con l'approccio *autopoietico*, inteso quale sistema che riconosce la molteplicità delle componenti, ma che considera ciascuna di esse muoversi in rapporto alle altre in una interazione che è, allo stesso tempo, competizione ed anche cooperazione. Coesistono, dunque, “utilità individuali” ed “utilità non esclusivamente individuali” e vengono riconosciuti una molteplicità di aspetti e di punti di vista che esprimono il valore di un bene per diversi tipi di utenti, cioè un “valore sociale” che riflette una valutazione in grado di cogliere non solo la dimensione individuale, ma anche quella sociale/comunitaria, coerente con l'approccio autopoietico. Si introduce, dunque, il concetto di valore sociale complesso (Vsc) (Fusco Girard, 1986), che scaturisce da un approccio autopoietico alla sostenibilità della città e del territorio (Fusco Girard et al., 2003).

Le generazioni future, intrinseche al concetto stesso di sostenibilità, non sono interessate al valore d'uso attuale di un bene, ma al loro valore intrinseco, indipendente dall'uso. Il valore sociale complesso va determinato con l'aiuto di metodi multicriterio di valutazione che tengano conto di valori ed aspetti sia quantitativi che qualitativi in una prospettiva multidimensionale comprendente gli effetti indiretti ed i benefici sugli utenti potenziali.

Per i beni ambientali va, dunque, individuato, oltre al valore d'uso e di non uso, un valore intrinseco legato alla loro irriproducibilità. Una valutazione multicriterio integra l'approccio monetario con la stima degli effetti esterni ed intangibili, considerando questo metodo come necessario complemento alle stime monetarie. Il risultato delle valutazioni multidimensionale spesso è di non facile comprensione. Le scelte dei programmi di conservazione, che considerano anche dimensioni extraeconomiche si definiscono scelte complesse, attraverso cui si perseguono, contemporaneamente, vari obiettivi tra loro eterogenei e conflittuali. Per risolvere i confronti multidimensionale è possibile (Fusco Girard, 1987):

- trasformare i diversi impatti in un'unica dimensione monetaria;
- esaminare i diversi impatti nelle loro dimensioni originali, individuando le strategie di intervento che soddisfino, il più possibile, contemporaneamente, una molteplicità di obiettivi differenti.

Il valore sociale complesso riflette una concezione che riconosce la centralità della persona umana senza separarla dalla comunità e dal contesto ecologico, cioè una concezione ecologica/comunitaria della persona stessa. Non coincide, pertanto, con l'approccio del valore intrinseco suggerito dalla cultura bio-ecocentrica né con quello antropocentrico-economico, che si limita a parlare di valore di esistenza e riconosce il rapporto dinamico tra valori d'uso e di non uso deducendo il valore con analisi multicriterio.

La Conferenza di Rio ha sottolineato la necessità di conservare la bio-diversità: la diversità biologica, espressa dalla diversità genetica, dalla diversità di specie e dalla diversità degli ecosistemi, da cui deriva il mantenimento dei diversi cicli naturali (dell'acqua, dell'ossigeno, ecc.). Si noti che la nozione di valore introdotta nella disciplina dell'economia ambientale per il capitale naturale appare congruente con la nozione di valore sociale complesso (Vsc), (Fusco Girard, 1987), che considera tutti gli utenti di una risorsa (diretti, indiretti, potenziali e futuri), i relativi valori di uso e di non-uso e che ingloba in sé anche i valori intrinseci.

Il Vsc esprime, nel settore delle valutazioni, un punto di vista più generale, in quanto rifiuta l'unilateralità per aprirsi alla molteplicità ed alla eterogeneità, assumendo al suo interno, l'integrazione tra valutazioni economiche e non-economiche, ovvero tra valori espressi su scale monetarie, valutazioni bio-ecologiche e valutazioni relative della qualità sociale (valutazioni multicriterio).

Il Vsc si compone, in sintesi, di una parte costitutiva del Vet di una risorsa e di un valore intrinseco (I):

$$Vsc = (Vet, I)$$

dove il *Vet* indica il valore complessivo in termini monetari ed *I* il valore intrinseco, in termini non monetari, dedotto a partire dalle informazioni relative al ruolo delle risorse nello specifico sistema sociale (Fusco Girard e Nijkamp, 1997).

Dall'approccio autopoietico allo studio dell'ambiente consegue una nozione di valore che è intrinsecamente sociale e complessa. Sociale, in quanto suggerisce di tener conto dei punti di vista delle varie componenti sistemiche, che si riconoscono tutte nel rispetto di certe regole organizzative attraverso le quali si realizza la compatibilità e l'integrazione tra il sé e gli altri. Complessa, perché riflette il riconoscimento che il valore esiste anche indipendentemente dallo scambio, ma è collegato alle finalità in sé del sistema (Fusco Girard, 1987; Fusco e Nijkamp, 1997; Fusco Girard et al., 2003).

## **11. Le valutazioni per l'ambiente**

La valutazione può essere definita come l'insieme delle attività orientate all'organizzazione opportuna dell'informazione necessaria per la scelta, in modo da mettere ciascun attore del processo decisionale in grado di prendere la decisione più equilibrata possibile (Nijkamp et al., 1990).

La sostenibilità richiede un adeguato sistema di supporto alle decisioni. In presenza di problemi ambientali e forti interessi conflittuali, la ricerca della soluzione ottimale non è significativa bensì è possibile, utilizzando metodi diversi, fornire al decisore tutte le informazioni necessarie alla scelta. Quest'ultima resta comunque politica, ma la procedura che conduce ad essa deve essere razionale e trasparente. La valutazione ha lo scopo generale di identificare gli obiettivi sociali, i criteri fondamentali ed i valori rispetto ai quali valutare una qualunque ipotesi (valori economici, culturali/ecologici, sociali/etici, ecc.).

La valutazione dell'ambiente e le tecniche utilizzabili per l'applicazione possono diventare anche uno strumento per la protezione

dell'ecosistema attraverso l'individuazione del valore che gli individui attribuiscono ad esso.

Figura 7 – Ipotesi di strutturazione del processo valutativo



Fonte: Rielaborazione da Casoni e Polidori, 2002

Nonostante la presenza della variabile “incertezza” nei processi di valutazione, questi consentono di avere un’idea del rischio che la collettività decide di assumersi quando accetta o rifiuta un determinato percorso di sviluppo, che utilizza risorse ambientali.

La maggior parte dei beni ambientali sono ascrivibili a beni pubblici, in relazione ai quali non esistono prezzi di mercato in grado di riflettere i costi marginali sociali di erogazione del bene. Tuttavia per comparare i costi ed i benefici di un determinato progetto è necessario conoscere i prezzi dei beni ambientali.

Stabilire i prezzi dei beni ambientali nell’intento di determinare la quantità/qualità ottimale da mettere a disposizione della collettività diventa una necessità, che deriva dalla consapevolezza, da parte del decisore pubblico, che il *trade off* esistente tra esigenze di crescita economica e politiche di tutela ambientale deriva dalla mancata assegnazione di valore economico ai beni ambientali, che vengono spesso usati ad un prezzo quasi nullo (Casoni e Polidori, 2002).

La quantità-qualità, ottimale, di un bene ambientale si ha quando il costo marginale associato alla produzione del bene eguaglia il relativo beneficio marginale della sua fruizione. Quest'ultimo è individuato dalla domanda espressa dalla collettività. Mentre i costi di offerta della quantità/qualità ambientale possono essere calcolati alquanto agevolmente, la domanda della quantità-qualità ambientale risulta di più difficile misurazione.

Se è possibile istituire un mercato o introdurre tasse o sussidi per l'effetto in questione, ci si chiede quale sarebbe l'ammontare massimo che i beneficiari dell'effetto sarebbero disposti a pagare e quale quello minimo che, coloro che ne subiscono i costi, sarebbero disposti ad accettare come compenso delle conseguenze negative indotte dalla presenza dell'effetto.

La misura monetaria può essere utile per fornire un criterio per giudicare gli effetti delle decisioni pubbliche e private, mediante il criterio dell'allocazione delle risorse. Non è sempre possibile utilizzare il valore economico e soprattutto, nella pratica, la massimizzazione di un obiettivo comporta quasi sempre la contemporanea minimizzazione degli altri. Attraverso le valutazioni multicriterio è possibile riconoscere la centralità del conflitto e trovare delle soluzioni più soddisfacenti per la sua risoluzione.

È essenziale un approccio valutativo di tipo "integrato", in grado di considerare opzioni diverse che comportino impatti su settori differenti ed, allo stesso tempo, "partecipate", cioè tali da coinvolgere più punti di vista nei processi decisionali.

Le "valutazioni integrate", possono essere definite come un processo strutturato capace di affrontare questioni complesse, utilizzando le conoscenze provenienti da discipline diverse ed elaborate dagli stessi soggetti coinvolti nelle decisioni. Si tratta, pertanto, di approcci di tipo multidisciplinare.

Le valutazioni, con riferimento ad istituzioni, processi e prodotti, costituiscono un'attività che è sempre stata e viene sempre svolta in qualsiasi società, anche se con modalità differenziate, in alcuni casi informali e, a volte, soggettive.

Il processo decisionale può far riferimento a due momenti fondamentali:

- si possono identificare le conseguenze di diverse proposte prima che esse vengano realizzate (valutazione ex ante);
- si può esaminare in che misura le decisioni prese in passato abbiano perseguito gli obiettivi prefissati (valutazione ex post).

Le analisi multicriterio costituiscono degli utili strumenti per la valutazione di diverse opzioni alternative (sia con riferimento alla fase ex ante che a quella ex post), costituite da politiche, programmi, piani o progetti. Alla famiglia di dette analisi appartengono diversi metodi e tecniche sviluppati nei diversi settori e con riferimento a casi concreti allo scopo di aiutare i decision-maker. In questa prospettiva i metodi di valutazione multicriterio debbono essere intesi come dei sistemi di supporto alle decisioni (Fusco Girard e Nijkamp, 1997).

## **12. Le valutazioni ex ante**

### ***12.1. L'analisi finanziaria e l'analisi costi benefici***

Ciascun individuo, interessato al guadagno netto massimo, è spinto a prendere decisioni in base a confronti tra vantaggi e svantaggi, ricavi e perdite. Il riferimento all'individualità è evidente. Si può parlare anche di benefici e costi, ampliando un confronto all'intera collettività.

I benefici ed i costi vengono rapportati al soddisfacimento di desideri e preferenze. Nel primo caso si tratta di desideri appagati, nel secondo no. L'aumento del benessere si può rilevare dalle preferenze degli individui.

L'analisi finanziaria di un progetto si riferisce alla valutazione dell'investimento, dal punto di vista dell'operatore (dell'impresa, dell'ente pubblico, del proponente, ecc.), a prezzi di mercato correnti o previsti. Molti effetti derivanti dall'attuazione di progetti, pur avendo un contenuto economico, non sono immediatamente traducibili in termini finanziari. Tale particolare circostanza scaturisce allorché il mercato è in grado di registrare alcuni degli effetti del progetto (positivi

o negativi), che non vengono ritenuti rilevanti dal punto di vista dell'operatore, oppure quando lo stesso mercato non riesce a constatare, in maniera attendibile, gli effetti prodotti dal progetto (ad esempio i costi dell'inquinamento). Pertanto è utile considerare un'analisi costi-benefici, o semplicemente *analisi economica*, in grado di considerare anche gli *effetti sociali*.

Quando il "punto di vista" si sposta dall'operatore individuale (analisi finanziaria) alla società, il sistema di prezzi individuato sul mercato non è necessariamente quello più idoneo alla valutazione economica dei costi e benefici di un progetto.

Se alla base dell'analisi costi benefici il "singolo" è il migliore interprete del proprio benessere, va considerato se lo è anche per il benessere altrui. Nonostante questa ipotesi di partenza, la tendenza è di rimettere le valutazioni e le scelte ad un "decisore sovraordinato". Spesso la scelta fra alternative progettuali è rappresentata da una decisione in cui sono parte un decisore e la collettività. L'analisi costi benefici tende a favorire progetti che massimizzano il benessere collettivo (o benefici sociali).

La misura dei risultati delle attività economiche e di alcune attività sociali si basa sui prezzi di mercato che consentono di sommare grandezze eterogenee e di confrontare ipotesi di intervento diverse in termini dei loro effetti sull'economia. Ma spesso la misurazione degli effetti delle attività economiche e sociali non può avvenire riferendosi al solo prezzo di mercato per cui si fa riferimento ai concetti di "utilità" e "benessere".

La misura di benessere solitamente usata è rappresentata dal consumo (Pil), se si considera l'investimento come strumento per trasformare il consumo attuale in un maggior consumo futuro<sup>32</sup>. Identificare *benessere* con *consumo* consente di confrontarlo ed aggregarlo, e non considerarlo come pura condizione psicologica. Tuttavia questa logica pone necessariamente problemi distributivi e di equità. L'analisi costi benefici si fonda sulla possibilità, da parte di

32. In questo caso l'investimento dovrebbe entrare nell'analisi, ma i problemi di confronto tra tempi diversi rendono necessario il ricorso a procedure di sconto.

coloro che ricevono benefici dal progetto, di compensare quelli che ne vengono danneggiati, riuscendo a migliorare, o, almeno, a non peggiorare, dopo la compensazione, la loro situazione di benessere.

L'analisi costi benefici non si limita a progetti di investimento. Essa viene estesa a qualsiasi decisione di intervento pubblico, comprese quelle che influiscono sul settore privato dell'economia, come, ad esempio, la determinazione di prezzi, tariffe, incentivi, ecc.

Al di fuori dell'ipotesi, poco realistica, in cui sia possibile attribuire ai prezzi di mercato il significato dei prezzi di equilibrio concorrenziale, prezzi e costi marginali risulteranno differenti. Tale divario è rilevante nell'analisi economica in quanto denuncia l'esistenza di elementi privi di significato dal punto di vista della *produzione* di benessere netto. Al di fuori dell'ipotesi di concorrenza perfetta i prezzi di mercato non possono essere assunti come indici dei rapporti di sostituzione ideali (nella produzione e/o nel consumo).

Nel caso di divergenze tra prezzi e costi marginali, si parla di "distorzione". In un'analisi economica si tiene conto, nella valutazione economica di implementazione di un progetto, del costo che la collettività deve sostenere, in termini di minore prodotto (o minore benessere), per ottenere una data quantità di prodotto addizionale, ovvero il beneficio del progetto. Questo viene effettuato con i "prezzi-ombra" dando luogo al concetto di "costo-opportunità" che implica l'idea di sostituibilità rispetto ad un determinato scopo (Nutti, 1987).

La comparazione di costi e benefici nel tempo riferiti a generazioni differenti si risolve attraverso la procedura dello sconto. Tuttavia è opinione diffusa che sembra impossibile prescindere dall'idea che la disponibilità attuale di un bene gli conferisca un'utilità superiore rispetto a quella derivante dalla sua disponibilità futura<sup>33</sup>.

33. La scuola neoclassica ha utilizzato il concetto di preferenze (inter)temporali per indicare la propensione del consumatore ad assegnare al consumo odierno un'utilità superiore a quella di un identico ammontare di consumo differito nel tempo. L'ipotesi di concorrenza perfetta permette poi di assimilare il saggio di preferenza temporale degli individui al saggio di interesse vigente sul mercato, che diventa il saggio di sconto per l'intera collettività (Nutti, 1987).

Pertanto, per comparare benefici e costi di un progetto o investimento è necessario considerarli nello stesso periodo: momento iniziale, valore attuale, o momento finale, valore terminale.

Spesso il problema non viene posto nel comparare alternative di progetto, ma se effettuare o meno un progetto, confrontando lo *status quo* (statico o dinamico) con la proposta di progetto.

I criteri di confronto sono:

- il rapporto benefici costi;
- il valore attuale netto (Van);
- il saggio di rendimento interno (Sri).

Il primo divide la somma dei benefici scontati per la somma dei costi, anch'essi scontati e, se il rapporto è maggiore di uno, il progetto può essere accettato.

Il Van consiste nello scontare al presente tutti i benefici netti futuri, ad un saggio predeterminato:

$$Van = \sum_{i=1}^n \frac{Bi - Ci}{(1 + r)^i}$$

Il Saggio di rendimento interno è il tasso di sconto che rende il valore attuale dei benefici esattamente uguale al valore attuale dei costi (cioè rende nullo il Van):

$$Van = \sum_{i=1}^n \frac{Bi - Ci}{(1 + r)^i} = 0$$

Esso può anche definirsi come il più alto saggio di interesse che un investitore può accettare di pagare senza incorrere in perdite, a patto che egli possa ripagare il capitale a suo piacimento utilizzando il cash-flow, ovvero il saggio di interesse pagato anche sulla parte residua del debito finchè il capitale rimane investito nel progetto. Tale saggio si riferisce ad una media annua del rendimento dell'intera vita economica del progetto e può essere descritto come il saggio di crescita medio di un investimento.

## ***12.2. La valutazione multicriterio***

Nei processi decisionali gli esseri umani non sono in grado di gestire un vasto e complesso insieme di informazioni. Sono stati sviluppati metodi di supporto alle decisioni che considerano dati di diversa natura, offrendo anche la possibilità di assegnare pesi diversi ai criteri di valutazione individuati (Beinat e Nijkamp, 1998).

L'utilizzo di analisi multicriterio presuppone una preliminare "analisi degli impatti", una previsione, quindi, di tutti gli effetti di ciascuna opzione alternativa rispetto ad ogni prospettiva (economica, sociale, fisico-ambientale) così come essi si dispiegano nel tempo. Tali impatti possono essere trasformati in valutazioni monetarie oppure essere espressi in altre scale di valutazione, ad essi più congrue, utilizzando anche indici adimensionali.

L'approccio multicriterio consente, quindi, una sistematica costruzione delle matrici di impatto e la trasformazione di tali matrici di impatto quali-quantitative in possibilità di confronto tra opzioni alternative.

Però, ciascun metodo di valutazione possiede delle caratteristiche proprie che lo differenziano dagli altri soprattutto con riferimento a (Fusco Girard et al., 2003):

- come si procede alla strutturazione del problema (criteri ed obiettivi considerati e loro interrelazioni);
- come si utilizzano le informazioni disponibili (indicatori quantitativi, qualitativi, fuzzy);
- come vengono aggregati i risultati (procedimenti matematici);
- la possibilità di essere aperti alla partecipazione e, quindi, al coinvolgimento delle comunità locali nei processi decisionali.

In termini concreti, con un approccio di valutazione multicriterio, risulta possibile:

- 1) identificare i diversi criteri ed obiettivi per ciascuna delle parti sociali, spesso in conflitto, interessata da un programma, piano o progetto di intervento;
- 2) identificare il modo con cui ogni parte sociale percepisce l'importanza dei vari criteri ed obiettivi;

3) valutare l'importanza attribuita a ciascuna ipotesi alternativa di intervento da parte di ogni soggetto.

Le valutazioni multicriterio vanno considerate come strumento in grado di costruire rapporti cooperativi tra i diversi soggetti (pubblici, privati e sociali), in una realtà che tende ad essere sempre più caratterizzata da conflitti crescenti. Infatti, la valutazione costituisce uno strumento che viene sempre più utilizzato per dedurre priorità e per controllare i risultati ottenuti, tenendo conto di più punti di vista contemporaneamente. Operativamente alcuni metodi o tecniche di valutazione multicriterio affrontano la questione dell'omogeneizzazione attraverso standardizzazioni o confronti a coppie, delle informazioni quantitative e qualitative, allo scopo di utilizzarle entrambe all'interno del metodo di valutazione. La graduatoria di priorità tra le alternative viene dedotta attraverso relazioni matematiche e statistiche, limitando la partecipazione dei diversi soggetti alla sola assegnazione dei pesi (se prevista) per i diversi criteri (Fusco Girard e Nijkamp, 1997; Fusco Girard et al., 2003).

Per ottenere un ordine di preferibilità tra le opzioni alternative, le analisi multicriterio cercano di combinare, utilizzando opportuni algoritmi matematici, i punteggi attribuiti a ciascuna opzione per ciascun criterio ed i pesi attribuiti ai criteri stessi.

In tal senso si possono avere delle tecniche di tipo compensativo, per le quali un basso punteggio ottenuto da un'opzione rispetto ad un criterio può essere compensato da un alto punteggio riportato dalla stessa opzione rispetto ad un altro criterio, combinando opportunamente i punteggi con i pesi attribuiti ai criteri. Utilizzando altre tecniche ciò non accade e, in questi casi, si parla di metodi di tipo non-compensativo. È necessario individuare il metodo di valutazione multicriterio opportuno a seconda del contesto e del problema decisionale. Si distingue tra metodi "discreti" e "continui". I problemi di tipo discreto sono quelli che fanno riferimento ad un insieme finito di opzioni alternative, quelli di tipo continuo considerano la possibilità di ottenere risultati che sono infinitamente variabili.

Nella maggior parte dei casi ci si trova, però, nella condizione di avere un numero finito di alternative che devono essere valutate secondo un numero, anch'esso finito, di criteri. Il primo passo consiste, pertanto, nella costruzione della matrice di valutazione, cioè nel collezionare i dati che riflettono il comportamento di ciascuna opzione nei confronti di ogni criterio di valutazione.

Dedurre una graduatoria di preferibilità tra le diverse opzioni oggetto della valutazione multicriterio implica introdurre il concetto di “dominanza”: un'opzione domina un'altra se la prima si comporta meglio della seconda almeno rispetto ad un criterio, ed entrambe si comportano allo stesso modo rispetto ai restanti criteri. Nella pratica è raro che si verifichi la condizione per cui un'opzione domini tutte le altre, così che la valutazione non risulti essere affatto immediata. Più spesso, invece, è possibile andare ad identificare quelle opzioni che sono certamente dominate da tutte le altre, in maniera tale da escluderle dalla valutazione. Per le altre opzioni rimanenti è necessario operare un trade-off, cioè comprendere in che modo un comportamento peggiore di una certa opzione, rispetto ad un criterio possa essere compensato da un comportamento migliore di quella stessa rispetto ad un altro criterio. Ovviamente, nel caso non si voglia condurre un trade-off, si devono utilizzare esclusivamente dei metodi di tipo non compensativo (Fusco Girard et al., 2003).

Altro approccio si basa sul concetto di “surclassamento”. Sempre attribuendo dei pesi ai criteri, si dice che un'opzione surclassa un'altra se la prima supera la seconda rispetto ad un numero abbastanza elevato di criteri di sufficiente importanza (in relazione alla somma dei pesi attribuiti a tali criteri) ed, allo stesso tempo, la prima opzione non è superata dalla seconda, nel senso che non si verifica che per qualche criterio essa abbia un comportamento inferiore all'altra in maniera significativa, cioè tale da compromettere il miglior comportamento complessivo registrato rispetto agli altri criteri considerati.

Operativamente, viene effettuato un confronto a coppie, tra tutte le opzioni rispetto a tutti i criteri, per comprendere in che misura ciascuna opzione surclassa o meno le altre, anche con riferimento ad alcuni

parametri di soglia, che possono essere fissati per ciascun criterio. Tale condizione di incomparabilità comporta l'impossibilità di avere un ordine completo di preferibilità tra le diverse opzioni, il che significa poter affermare con certezza che solo determinate alternative sono preferibili ad alcune altre, mentre non è possibile identificare un grado di preferibilità tra alcune opzioni oggetto della valutazione.

I metodi multicriterio rappresentano uno strumento flessibile per poter confrontare i valori e gli aspetti qualitativi delle decisioni, tenendo conto del fatto che il principio della "incommensurabilità", che contempla il prendere in considerazione tutti i diversi aspetti che caratterizzano un problema senza ricorrere ad alcun riduzionismo monetario, non implica l'"incomparabilità" (Martinez-Alier et al., 1998), seppure, talvolta, si può giungere ad ottenere un ordine non completo di preferibilità tra le alternative, poiché, considerando la totalità dei criteri, non si riesce a dedurre se certe alternative dominino altre.

È possibile considerare l'"integrazione", e non la sovrapposizione, di metodologie diverse, se queste conducono alla possibilità di integrare risultati differenti. Infatti, le valutazioni multicriterio possono interrelarsi con l'analisi di scenario, la valutazione del rischio, la valutazione di impatto ambientale, la valutazione ambientale strategica, l'analisi costi-benefici, i sistemi informativi geografici, ecc., consentendo di pervenire a risultati maggiormente significativi.

Esistono diversi metodi di valutazione e ciascuno di questi è caratterizzato da un proprio approccio al processo decisionale.

È fondamentale, per condurre una valutazione che possa offrire risultati attendibili, utilizzare il metodo di valutazione che meglio sia in grado di rispondere alla natura ed alle caratteristiche del problema decisionale in esame (Fusco Girard e Nijkamp, 1997). Nella ricerca sono stati utilizzati il metodo di Regime, il Decision Lab 2000 e la Community Impact Evaluation. Nonostante siano propri della valutazione ex ante, gli stessi sono stati utilizzati, con le opportune modifiche, anche nella valutazione ex post.

### ***6.2.1. L'analisi di Regime***

Il metodo di Regime (Hinloopen e Njikamp, 1990), incluso nel software Definite 2000 (Herwijnen e Janssen, 1988), è stato introdotto da Hinloopen et al. (1983), riesaminato da Hinloopen (1985) e ridefinito da Hinloopen e Nijkamp (1990).

La caratteristica principale del metodo di Regime riguarda la possibilità di poter combinare dati differenziati, espressi mediante scale ordinali, nominali, cardinali, utilizzando indicatori misti. La struttura fondamentale del metodo si basa su due elementi essenziali: una matrice degli impatti ed un set di pesi da attribuire ai criteri. In particolare, la matrice degli impatti è composta da quegli elementi, che misurano gli effetti di ogni alternativa considerata in relazione a ciascun criterio.

Un ruolo significativo può essere svolto dai pesi attribuiti ai criteri, che sono esplicativi delle informazioni riguardanti l'importanza relativa dei criteri nell'ambito della valutazione. Si osserva, infatti, che nel caso in cui non venisse riconosciuto un ordine di priorità ai criteri, essi avrebbero lo stesso peso all'interno del processo valutativo.

La sua applicazione prevede la definizione di una "matrice" di valutazione, costituita dai punteggi di un numero "n" di opzioni alternative rispetto ad "m" criteri. Il metodo di Regime per scelte multiple consente l'uso di dati sia cardinali che ordinali nella tabella di valutazione ed è possibile trattare le informazioni cardinali come ordinali, con riferimento alla posizione nell'ordinamento di ciascuna alternativa. Le opzioni di scelta vengono confrontate a coppie rispetto ad ogni criterio. Sulla base di tali confronti viene individuato il vettore regime che, associato al vettore peso ed utilizzando la teoria della probabilità, fornisce un indice sintetico, che definisce la graduatoria di preferibilità fra tutte le opzioni alternative: quanto più alto è l'indice tanto più l'opzione è preferibile. Il metodo è applicato mediante il software chiamato Regime.

Dalla costruzione di una matrice degli impatti, in cui possono essere inseriti sia dati quantitativi che qualitativi, ed attraverso specifiche

procedure di calcolo, si può giungere all'individuazione di un ordine di priorità delle alternative, esplicitando anche le condizioni di incertezza e la robustezza dei risultati in funzione dei possibili pesi che potranno essere attribuiti ai criteri di valutazione. In particolare, il metodo di Regime costituisce un metodo multicriterio di tipo discreto, in grado di valutare sia progetti che politiche.

### **6.2.2. Il Decision Lab 2000**

Tra i metodi di surclassamento si annoverano Electre e Promethee. Per Electre la costruzione della relazione di surclassamento si basa sull'indice di credibilità, che è compreso tra 0 e 1 ed è una funzione dell'indice di concordanza e di discordanza. L'indice di credibilità fornisce le informazioni per la costruzione di due graduatorie di alternative. La prima, dalla peggiore alla migliore (in senso ascendente) e la seconda dalla migliore alla peggiore (in senso discendente). L'intersezione di queste due graduatorie individua il grafico finale, che indica il sistema di relazioni tra le alternative in base ad un sistema di archi orientati. Questa struttura rivela le relazioni di incomparabilità che gli altri ordinamenti non considerano.

Promethee si basa sugli stessi principi dell'Electre ed introduce sei funzioni per descrivere le preferenze dei decision-maker per ciascun criterio. Questo metodo fornisce un ordine parziale delle alternative usando flussi in entrata ed in uscita. Per un'opzione  $o_i$ , un flusso in entrata rappresenta l'importanza delle alternative che surclassano  $o_i$ , ed un flusso in uscita rappresenta l'importanza delle alternative surclassate da  $o_i$  (Brans et al., 1984; Brans e Vincke, 1985; Brans et al., 1986; Brans e Mareschal, 2002).

Promethee, come Definite, considera un insieme di alternative, che devono essere valutate ed i criteri e gli indicatori attraverso i quali si valuteranno le *performances* delle alternative stesse. La formulazione e aggregazione della funzione valutativa mediante il programma Promethee viene utilizzata al fine di estrarre un ordinamento parziale o totale. Decision Lab si avvale dei piani Gaia per l'esposizione dei

risultati. Per quanto riguarda la funzione di preferenza, se si considera un criterio  $f$ , si otterranno le funzioni di surclassamento tra le alternative attraverso una funzione di preferenza associata a sei possibili funzioni di risposta (Brans et al., 1984; Brans e Vincke, 1985; Brans et al., 1986; Brans e Mareschal, 2002).

Con Decision Lab è possibile ottenere un ordinamento parziale e un ordinamento completo delle alternative; per il primo vengono individuati  $\Phi_+$  e  $\Phi_-$ , mentre per quello completo il net  $\Phi$ . Per ottenere invece, una rappresentazione grafica delle relazioni di dominanza, il software utilizza i Piani Gaia (Geometrical Analysis for Interactive Assistance). Il *Gaia plane* fornisce al decision maker un potente strumento di analisi della diversa importanza dei criteri e dei loro aspetti confliggenti. Esso fornisce:

- una percentuale  $\delta$  dell'informazione totale;
- gli aspetti confliggenti dei criteri non sono misurati in astratto, sui criteri stessi, ma basati sui dati disponibili.

Considerando poi la proiezione  $\gamma_i$  dei vettori unitari  $k$  sul Gaia plane, tali assi hanno una differente lunghezza e posizione, che determinano una diversa interpretazione dei criteri stessi.

Pertanto ci può essere una diversa importanza dei criteri: più lungo è  $\gamma_i$  più tale criterio differenzia le alternative; se i criteri hanno una rappresentazione degli assi tra loro perpendicolare avranno covarianza nulla, cioè saranno tra loro indipendenti; se la covarianza è negativa, cioè se gli assi hanno direzione opposta, i criteri saranno confliggenti; se invece gli assi rappresentativi dei criteri sono orientati approssimativamente nella stessa direzione (covarianza positiva), esprimeranno la stessa preferenza (criteri simili) (Brans et al., 1984; Brans e Vincke, 1985; Brans et al., 1986; Brans e Mareschal, 2002).

### **6.2.3. La Community Impact Evaluation (Cie)**

La valutazione di opzioni alternative può essere condotta attraverso l'utilizzo di metodi idonei a rappresentare e gestire l'elevata complessità degli interessi e degli obiettivi relativi ai diversi interventi

proposti. Si ricorda, in primo luogo, il metodo della Community Impact Evaluation (Cie), elaborato da Lichfield (1996), che costituisce uno sviluppo dell'analisi costi-benefici e risulta particolarmente idoneo a controllare gli effetti di un programma/piano/progetto rispetto alla sostenibilità sociale ed economica. Esso integra l'analisi economica con obiettivi tipicamente non economici e considera l'eterogeneità degli effetti a seguito degli interventi di conservazione del capitale manufatto e naturale (Fusco Girard e Nijkamp, 1997; Fusco Girard et al., 2003).

Attraverso la Cie si tiene conto dei diversi settori interessati dal progetto (produttori, operatori sociali ed utenti), effettuando un'analisi di impatto in relazione all'intera comunità. Il principio fondamentale di questo metodo si basa, infatti, sul presupposto che non è importante valutare soltanto il rendimento economico, ma è necessario stimare anche il rendimento complessivo per la comunità.

Partendo dall'ipotesi che bisogna tenere conto di tutti gli effetti di un intervento, nell'applicazione di tale metodo si considerano sia gli utenti diretti che quelli indiretti, volendo individuare sia le variazioni di benessere dovute alla realizzazione di un certo scenario, che coloro che ne beneficiano o ne subiscono le conseguenze. In questo modo è possibile individuare gli effetti di un intervento su tutti i gruppi sociali di una data comunità, tenendo conto degli obiettivi redistributivi, oltre che degli obiettivi di efficienza e di tutela. Attraverso la Cie è, quindi, possibile effettuare l'analisi di tutti gli impatti, ricorrendo ad indicatori ed informazioni di diverso genere, in grado di esprimere nel modo più idoneo i costi ed i benefici sociali. Si può notare come, da un lato, questo metodo faccia riferimento all'analisi costi-benefici, avendo gli stessi principi teorici nella valutazione dei benefici e dei costi; dall'altro, cerca di integrarla, prevedendo l'analisi di tutti gli impatti quantitativi e qualitativi e la loro distribuzione sui diversi gruppi sociali e ricorrendo alle unità di misura più idonee. In questo senso il metodo Cie consente di elaborare una "contabilità sociale" completa.

Il metodo si articola in fasi:

- descrizione degli impatti;
- analisi degli impatti;

- valutazione degli impatti.

Le tre fasi considerano gli impatti rispetto agli obiettivi perseguiti dai diversi attori/gruppi sociali. Segue l'individuazione delle preferenze settoriali e l'aggregazione delle preferibilità parziali in una graduatoria globale delle preferibilità. Inoltre, mediante il metodo, è possibile esplicitare l'intensità dei conflitti e fornire indicazioni su come gestirli nel modo più efficace, scegliendo quelle opzioni che li minimizzano.

### **13. Le valutazioni ex post**

#### ***13.1. La valutazione multicriterio***

Negli ultimi decenni il campo delle valutazioni relative ai progetti di trasformazione e riqualificazione si è notevolmente sviluppato ed ampliato, includendo sia quelle finanziarie ed economiche, che quelle multicriterio/multigruppo.

La valutazione ha assunto il ruolo di attività strategica, quale strumento di supporto scientifico ai processi decisionali, nel guidare le scelte e razionalizzare i programmi e le azioni, utile per la verifica ex-ante, in itinere, conclusiva ed ex-post della realizzazione degli obiettivi in termini di quantità, costi, efficienza, efficacia e qualità dei processi e dei prodotti, nonché di impatto dei programmi attuati, allo scopo di stimolare un continuo miglioramento, necessario per assicurare la garanzia delle scelte nei riguardi degli utenti e della società nel suo complesso. Si può ritenere, infatti, che la valutazione sia intimamente collegata alle attività di programmazione e di conoscenza; vada oltre la semplice descrizione dei fenomeni; tenda all'individuazione dei fattori e dei meccanismi che influenzano i risultati; abbia quale obiettivo prioritario quello di aiutare e supportare la costruzione delle decisioni; preveda l'identificazione ed il suggerimento di eventuali azioni di feedback nei processi decisionali in modo da generare una rapida capacità di risposta all'evoluzione del contesto e, quindi, di adattamento alle condizioni future (Nijkamp et al., 1990, Fusco Giard e Nijkamp, 1997).

La valutazione può assumere connotazioni diverse, dal punto di vista operativo e con riferimento alle specifiche metodologie da impiegare, in base alla natura ed al livello dei programmi, dei processi decisionali e delle attività cui fa riferimento e, quindi, del grado di maggiore o minore generalità del problema affrontato, della criticità del contenuto decisionale e del livello dei soggetti istituzionali che intervengono nell'eventuale catena delle scelte e delle decisioni (Forss et al., 2002). Inoltre, la valutazione può presentare connotazioni diverse con riferimento al momento in cui è svolta: prima di iniziare un qualunque tipo di attività (ex-ante), in corso di realizzazione (in itinere), a conclusione dei programmi (conclusiva), nel momento in cui si esaminano i risultati e si confrontano gli obiettivi programmati con quanto riscontrato nella realtà (ex-post).

In particolare, volendo apprendere dall'esperienza, è possibile avvalersi di approcci valutativi ex post in grado di esplicitare le componenti significative del processo, di analizzare i fattori critici e di identificare la significatività del cambiamento. "Apprendere dalla comparazione" rappresenta l'obiettivo ed, allo stesso tempo, il risultato delle valutazioni ex post, che consentono l'acquisizione di nuova esperienza trasferibile in altri contesti (Fusco Girard e Cerreta, 2001; Fusco Girard, 2002).

Tra gli approcci che consentono di affrontare le valutazioni ex post si ricorda la meta-analysis, sviluppata a partire dagli anni '70 (Glass, 1976; Hunter et al., 1982). Essa inizialmente, è stata applicata soprattutto nelle scienze mediche e, successivamente, si è diffusa nelle scienze naturali e sociali nell'intento di esaminare, classificare, comparare e sintetizzare i risultati derivanti da studi a carattere sperimentale già effettuati e caratterizzati da obiettivi comuni. La meta-analysis si è rivelata particolarmente utile nei casi in cui è necessario esprimere un giudizio sui risultati ottenuti e trasferire l'esperienza in altri contesti, soprattutto in situazioni non facilmente controllabili e con un elevato livello di incertezza (Nijkamp e Pepping, 1997). Recentemente la tecnica della meta-analysis è stata applicata con riscontri significativi anche in economia (Matarazzo e Nijkamp, 1997),

con attenzione all'economia ambientale (van den Bergh et al., 1997), dei trasporti (Nijkamp e Pepping, 1998), dell'agricoltura (Nijkamp e Vindigni, 2000) e del turismo (Baaijens e Nijkamp, 1999).

A partire dalla valutazione delle politiche ambientali e delle strategie di intervento ad esse connesse, si sono diffusi differenti approcci meta-analitici (van den Bergh et al., 1997), caratterizzati da una struttura sistematica delle informazioni, da un insieme di criteri operativi e chiaramente identificabili, e dalla possibilità di avvalersi di metodi sia quantitativi che qualitativi. Un meta-approccio può consentire di dare ordine al processo di comparazione, permettendo di sintetizzare i risultati derivanti da studi o esperienze analoghi, cercando di ridurre o di rendere trasparenti le componenti soggettive e permettendo di formulare le lezioni apprese da esperienze precedenti (Wolf, 1986). La meta-analysis può essere, pertanto, ricondotta ad un modo di pensare, che può comprendere una molteplicità di metodi e tecniche differenti, da applicare nei casi di confronti a carattere sperimentale in contesti controllati o quasi-controllati, in cui il tipo di informazioni disponibile è spesso impreciso (Nijkamp e Pepping, 1998). Si tratta di un approccio multidimensionale e multidisciplinare, che richiede un'adeguata concettualizzazione metodologica ed un opportuno livello empirico di applicazione operativa.

Si può definire la meta-analysis una ricerca scientifica condotta su una raccolta di studi svolti su di un dato soggetto, in cui vengono applicati principalmente metodi quantitativi capaci di valutare il materiale raccolto al fine di ottenere maggiori approfondimenti e definire una corretta sintesi (Bal e Nijkamp, 2001).

La meta-analysis ha, quindi, lo scopo di sintetizzare i risultati di precedenti ricerche o esempi per identificarne aspetti comuni, che permettano il trasferimento e l'utilizzo in nuove esperienze.

In questa prospettiva, l'"analisi dell'analisi" (Glass, 1976) diventa un processo di sintesi, misurabile attraverso diversi metodi. Infatti, i metodi di ricerca che convogliano nella meta-analysis sono diversi e dipendono dall'argomento affrontato: i conventional statistical methods, utilizzati negli studi dei casi in cui i dati disponibili sono

quantitativi (Cook e Levitan, 1980; Hunter et al., 1982; Light e Pillemer, 1984; Hedges e Holkin, 1985; Wachtter, 1988; Mann, 1990; Rosenthal, 1991; Button, 1994), oppure la meta-regression analysis); le meta multi-criteria analysis, in cui si considerano indicatori non particolarmente rilevanti (Greco et al., 1994); i modelli soft (come la fuzzy set theory di Munda o la rough set analysis di Pawlak), ecc.

La *rough set analysis*, proposta da Pawlak agli inizi degli anni '80 (1982), è un metodo statistico non parametrico che rientra tra le tecniche proprie della meta-analysis, e costituisce uno strumento utile per trasformare un insieme di dati in “conoscenza strutturata”, intesa come la capacità di raggruppare gli oggetti dell'analisi in classi distinte di attributi (van den Bergh et al., 1997). Attraverso la *rough set analysis* è possibile affrontare problemi decisionali caratterizzati da una conoscenza imperfetta e da dati quantitativi, qualitativi, fuzzy, imprecisi o incompleti (Pawlak, 1991), consentendo di valutare l'importanza di attributi specifici e di eliminare quelli ridondanti, nonché di generare le regole utili per la scelta finale. Il metodo permette di individuare gli elementi comuni ai singoli casi studio per esplicitare “lezioni trasferibili”.

La rappresentazione della realtà attraverso tale metodo è basata sulla conoscenza (oggettiva e soggettiva) della realtà stessa e sulla capacità di classificare le informazioni ottenute. Il maggiore vantaggio della *rough set analysis* è che essa può classificare i risultati (ad esempio il grado di successo politico) attraverso i loro attributi (come l'intensità di strumenti politici, condizioni esterne o principi metodologici sviluppati).

Per specificare le regole decisionali (di natura *if...then*) è utile rappresentare la conoscenza attraverso la matrice delle informazioni. Come esplicitato nei paragrafi precedenti si tratta di una matrice (obiettivi o progetti nelle righe, attributi nelle colonne) che contiene i valori degli attributi per tutti gli obiettivi. Questi si dividono in condizionali (attributi di background) e decisionali (attributi di risposta) (Baaijans e Nijkamp, 2001).

Con l'aiuto della *rough set analysis* è possibile trasformare una raccolta di dati in una conoscenza strutturata. Per fare questo si possono utilizzare sia dati quantitativi che qualitativi, in maniera tale da far emergere le principali linee guida dei fattori di successo, o fallimento, del modello preso come esempio (Nijkamp et al., 2000).

In particolare, si possono eliminare gli attributi irrilevanti, identificare il core (cioè il set di tutti gli attributi che giocano un ruolo necessario in ogni relazione di classificazione), ridurre un set iniziale di attributi indistinti ad una più piccola sottoclasse con la stessa robustezza del tipo di classificazione ed identificare la rilevanza di alcuni attributi.

Per ciascuno degli esempi considerati, la sintesi effettuata con la matrice delle informazioni ha lo scopo di identificare le possibili relazioni causa-effetto tra i dati valutabili, sottolineando l'importanza ed il ruolo strategico di alcuni fattori e l'irrilevanza di altri (Pawlak, 1995).

Viene, pertanto, considerato un campo finito di "oggetti" da esaminare e classificare e per ognuno viene definito un numero "n" di attributi al fine di creare una base significativa per la caratterizzazione dell'oggetto. Se l'attributo è quantitativo sarà facile definire il suo dominio, se invece è qualitativo verrà scomposto in sotto-intervalli per ottenere un'accurata descrizione dell'obiettivo. Si può ritenere che la rappresentazione della realtà, mediante la *rough set analysis*, consiste nella riduzione di un fenomeno reale: esso viene percepito nella sua complessità e la capacità del metodo di operare con informazioni incerte permette di giungere a delle conclusioni.

Al momento della valutazione, analizzando i dati raccolti nella tabella delle informazioni, è possibile identificare due classi del set di attributi: gli attributi condizionali e quelli decisionali. La prima classe descrive l'obiettivo rilevante, la seconda è definita da tutti gli attributi che esso deve avere per essere selezionato come alternativa accettabile. Costruendo una corretta e completa tabella informativa e, conseguentemente, individuando le classi di attributi condizionali e

decisionali adeguate, si dispone degli elementi necessari per risolvere una scelta multi-attributo.

La rough set analysis può diventare, quindi, un metodo di estrema importanza per la classificazione in caso di informazioni di tipo qualitativo o soft (Pawlak, 1982; Slowinski, 1998; Van den Bergh et al., 1998). Tra i *software* attualmente disponibili, quali Rosetta, Rough Das, Rose2, RoseLight, Jamm, 4eMka2, nella presente ricerca sono stati applicati *Rose2* (Predki et al., 1998; Predki e Wilk, 1999) e *Rosetta* (Komorowski e Skowron, 1996).

### **7.1.1. Rosetta**

Rosetta (acronimo di *rough set analysis*) è un software elaborato e sperimentato grazie ad un lavoro di ricerca in partnership promosso dal Knowledge Systems Group del Department of Computer e dall'Information Science, NTNU, della Norvegia insieme con il Logic Group, dell'Institute of Mathematics dell'Univeristà di Varsavia, in Polonia, terminato nel 1996. La versione utilizzata è la 1.4.41.

Il tipo di software è adeguato alla definizione di una classificazione di dati di natura diversa. Il percorso del Rosetta (fig. 3) parte dall'analisi delle informazioni volte a strutturare una "matrice delle informazioni". Questa viene "discretizzata" e divisa in due tabelle distinte, a cui corrispondono due set: il *training set*<sup>34</sup> ed il *test set*. Dalla matrice discretizzata si ottengono i reducts che, dopo l'applicazione di un nuovo algoritmo, si ottengono eliminando gli attributi-criteri superflui, giungendo ad un set minimo. L'algoritmo permette di dedurre il reduct degli attributi e le regole connesse. In particolare, è possibile ricavare un *full reduct*, che consente di determinare un set di attributi minimi, definendo la dipendenza relativa ed un *object related reduct* con cui si determina un set di regole di decisione. Queste ultime individuano i legami che intercorrono tra gli attributi considerati.

34. I dati contenuti nel training set vengono poi ulteriormente selezionati, attraverso l'applicazione di un algoritmo a scelta, individuando il set dei *cuts*.

Figura 8 – Processo operativo del software Rosetta



L'utilità delle regole non è rappresentata soltanto dalla possibilità di classificare i diversi progetti/esperienze considerati, ma, soprattutto, dalla possibilità di costruire nuove alternative di progetti di riqualificazione, a partire dai risultati ottenuti.

### 7.1.2. Rose 2

Il Rose 2 (Rough Sets Data Explorer) è stato sviluppato nel laboratorio dei sistemi di supporto alla decisione dell'*Institute of Computing Science* di Poznan. A partire dagli studi sulla *rough set analysis* di Pawlak, il modello è stato migliorato da W. Ziarko e da R. Slowinsky. Il Rose 2 è successivo al RoughDAS and RoughClass, tra le prime implementazioni di successo della *rough set analysis*, utilizzati in molte applicazioni della vita reale. Il sistema Rose 2, come il Rosetta (cfr, § 7.1.1.) consente di lavorare con informazioni di differente natura che, opportunamente codificate in una "matrice delle informazioni" consentono la successiva organizzazione nella "matrice di valutazione" per l'applicazione del software. Le attuali caratteristiche del sistema comprendono:

- validazione e pre-processo dei dati;
- discretizzazione automatica degli attributi continuamente valicati (usando la tecnica del "locale" e "globale");

- stima qualitativa della capacità degli attributi di approssimare la classificazione degli oggetti utilizzando il metodo della *rough set analysis* o della precisione variabile;
- analisi dei dati basata su una relazione di similarità;
- riduzione degli attributi superflui e selezione di quelli più significativi per la classificazione degli oggetti;
- induzione di regole decisionali utilizzando specifici algoritmi quali il Lem 2 o il Modem o l'Explore

Il processo del Rose 2 consente di ottenere, attraverso la correlazione tra attributi condizionali ed attributo decisionale, delle regole di intervento significative rispetto al numero di casi considerati. La validità delle regole è verificata, dal numero delle stesse e dalla "lunghezza" delle correlazioni. A seconda delle caratteristiche, cioè degli obiettivi, criteri o attributi considerati, è possibile verificare quale software utilizzare per ottenere regole significative sia per la classificazione degli attributi considerati, sia come punto di partenza per la realizzazione di nuove applicazioni.

## **14. Metodologie per valutare la sostenibilità**

### ***14.1. Il progetto ExternE***

In ambito europeo, lo studio più completo sulle esternalità ambientali della produzione di energia elettrica è senz'altro il progetto ExternE, finanziato dalla Commissione Europea. La prima fase del progetto, conclusasi nel 1995, aveva come scopo lo sviluppo della metodologia di calcolo e la sua applicazione ad un primo campione di casi studio. La ricerca si è basata sull'analisi dello stato dell'arte delle tecniche di valutazione nei vari ambiti (modellistica dell'inquinamento, funzioni dose-risposta, valutazioni monetarie, ecc.), allo scopo di individuare, per ogni aspetto, le metodologie più avanzate. Nella prima fase sono state considerate alcune tecnologie produttive legate sia alle fonti energetiche convenzionali che rinnovabili: termoelettrico (a

carbone, a gas naturale ed a olio combustibile), term nucleare, idroelettrico, eolico e fotovoltaico.

Nel 1996 ha preso il via una seconda fase del progetto, che ha visto tre linee di sviluppo parallele:

- ExternE Core Project, con lo scopo di sviluppare ed aggiornare la metodologia del 1995, mediante l'analisi della letteratura nei vari settori coinvolti (modellistica dell'inquinamento, epidemiologia, economia ambientale, ecc.) e l'individuazione delle tecniche di valutazione più recenti e diffusamente accettate;
- ExternE National Implementation, con lo scopo di applicare la suddetta metodologia di calcolo a un vasto numero di casi reali (esistenti, in progetto o teorici), per verificarne l'efficacia ed effettuare una prima valutazione dei risultati conseguiti;
- ExternE Transport, con lo scopo di sviluppare ed applicare una metodologia analoga al settore dei trasporti, visto come un particolare settore di produzione ed utilizzo di energia.

Lo studio ha preso in considerazione i danni connessi, direttamente o indirettamente, alla produzione di energia, includendo anche la ricerca ed estrazione di idrocarburi, la costruzione delle strutture di captazione idrica e tutte le operazioni a monte della produzione ed indispensabili alla stessa. Non sono, invece, state considerate le fasi successive alla produzione vera e propria: trasmissione, distribuzione ed utilizzi finali. Per quanto riguarda gli aspetti ambientali considerati, una prima analisi è stata estesa a tutti i possibili impatti derivanti dalle operazioni prese in esame (inquinamento atmosferico, idrico, acustico, impatto visivo, danni agli ecosistemi, effetto serra, campi elettromagnetici, ecc.). Successivamente si sono individuati, per ciascuna delle tecnologie produttive considerate, gli impatti prioritari ai fini della valutazione finale. Per questi sono state sviluppate metodologie di calcolo, per quanto possibile standardizzate, in modo da ottenere risultati alquanto omogenei e confrontabili tra loro.

Per ogni tecnologia produttiva è stata fatta una selezione dei fattori d'impatto basandosi, in parte, sulla loro importanza quantitativa, sia in termini di impatto fisico che di danno monetario, ed, in parte, sulla

disponibilità di metodologie più o meno consolidate per il calcolo dei vari passaggi dai fattori d'impatto al danno monetario. In alcuni casi si è ritenuto necessario sviluppare metodologie ad hoc, o approfondire e perfezionare metodologie esistenti.

Lo schema di analisi adottato, denominato *sentiero d'impatto* (impact pathway), consiste in una serie di passaggi, che vanno dalla definizione della tecnologia utilizzata per la produzione di energia elettrica (e per tutte le operazioni accessorie a monte e a valle della produzione) alla valutazione del danno monetario, attraverso la valutazione dei carichi, delle conseguenti modificazioni indotte sull'ambiente e dei relativi impatti fisici.

I risultati sono stati calcolati dai vari team sia in termini di mECU/kWh (valore influenzato sia dalla tecnologia utilizzata che dalla localizzazione dell'impianto) sia, limitatamente all'inquinamento atmosferico prodotto da alcuni inquinanti, in termini di ECU per tonnellata di inquinante. Tale valore dipende unicamente dalla localizzazione dell'emissione, mentre è indipendente dalla tecnologia utilizzata. I valori calcolati mostrano una grande variabilità, legata alle tecnologie ed alla localizzazione geografica. Si va da qualche mECU/kWh per l'idroelettrico, l'eolico, il fotovoltaico e alcuni casi di utilizzo di biomasse, a poche decine di mECU/kWh per il gas naturale e la torba, a diverse decine di mECU/kWh e fino oltre i 100 mECU/kWh per il carbone, la lignite, l'olio combustibile e l'incenerimento dei rifiuti. Si tratta, dunque, di valori anche elevati, dello stesso ordine di grandezza dei costi di produzione, se non addirittura superiori.

Gli strumenti di calcolo dei costi esterni, predisposti nell'ambito del progetto *Sostieni*, consentono l'applicazione della metodologia sviluppata nel progetto ExternE della Commissione Europea in modo semplice e immediato. Inoltre, rispetto al progetto europeo, è stato integrato il calcolo dei danni legati alla produzione di ozono troposferico, mutuato dai risultati forniti dal modello

L'applicazione degli strumenti di calcolo a quattro scenari di produzione di energia elettrica (lo scenario di riferimento al 1998 e tre scenari di sviluppo al 2010) ha consentito di evidenziare come la

valutazione dei costi esterni, più che un semplice indicatore per la valutazione degli scenari, rappresenti un metodo di valutazione complesso, alternativo al percorso di analisi principale realizzato nel sistema *Sesamo*. Il risultato finale è dunque costituito da un ordinamento, tra gli scenari considerati, analogo a quello che si otterrebbe, seguendo il normale percorso di valutazione, attribuendo alle emissioni di inquinanti determinati pesi. Questi ultimi, però, non sono basati su criteri soggettivi, bensì sull'uso di strumenti di tipo scientifico (modelli di dispersione, elaborazioni statistiche di dati epidemiologici, tecniche di valutazione monetaria di beni fuori mercato, ecc.), caratterizzati, a priori, da una maggiore trasparenza e oggettività rispetto all'attribuzione di pesi da parte di un decisore (anche se rimane una componente soggettiva nell'accettazione dei presupposti metodologici alla base del procedimento di calcolo).

La metodologia di calcolo dei costi esterni copre, attualmente, solo le emissioni in atmosfera ed i relativi danni a livello regionale e globale. Le ricerche attuate negli anni passati, nell'ambito delle attività in corso, non hanno evidenziato altre metodologie applicabili in modo altrettanto sistematico, ma solo metodi basati sulla valutazione contingente, di difficile applicazione per le valutazioni degli scenari nel sistema *Sesamo*. Il campo di applicazione attuale, che pure costituisce una parte importante dei fattori di pressione del settore elettrico, potrebbe essere, in futuro, esteso, mediante lo sviluppo di nuove metodologie applicate ad altri fattori rilevanti per il settore, quali, ad esempio, i campi elettromagnetici, i rifiuti, ecc.

È opportuno prevedere, in attività future, ulteriori approfondimenti e verifiche al fine di individuare relazioni maggiormente attendibili o modelli, che calcolino direttamente i valori medi delle concentrazioni di ozono, riguardanti i danni alla salute. Il metodo ExternE prevede:

- la definizione delle attività da valutare e del background in cui si considerano le categorie di impatto e delle esternalità;
- la stima degli impatti in unità fisiche, dove, gli impatti sono, generalmente, le differenze tra gli scenari con e senza attività;
- la monetizzazione degli impatti e dei costi esterni;

- la stima dell'incertezza e l'analisi di sensibilità;
- analisi dei risultati e conclusioni.

Le categorie di impatto attualmente considerate sono:

- impatti ambientali: causati dall'emissione di sostanze (particolato) o energie (rumore, radiazione, calore), per essi si utilizza l'*Impact Pathway Approach*;
- impatti causati dal riscaldamento globale, considerando la stima dei danni giustificati e l'approccio dei costi evitati;
- incidenti, eventi non desiderati. Bisogna distinguere tra impatti sul pubblico e rischi accidentali occupazionali. I primi possono essere valutati descrivendo gli incidenti possibili, calcolando i danni e moltiplicando il danno per la probabilità degli incidenti.

L'*Impact Pathway Approach* (Ipa) prevede un'analisi su:

- emissioni, specifica per le tecnologie ed inquinanti emessi da un impianto;
- dispersione, consiste nel calcolo della concentrazione di inquinanti di una regione usando modelli di dispersione atmosferica;
- impatti, consiste nel calcolo dell'esposizione all'aumento di concentrazione seguito dal calcolo degli impatti (danni in unità fisiche) usando la funzione esposizione-risposta;
- costi, determina la valutazione degli impatti in termini monetari.

In termini di costi, l'impatto sulla salute contribuisce molto ai danni stimati dall'*ExternE*.

L'Ipa è stato applicato agli impatti sulla salute, ma in altri settori non si può usare per mancanza di dati o perché la stima degli impatti è limitata.

In questi casi un approccio "second best" è meglio di niente. Il costo per capire i danni da acidificazione e riscaldamento globale può essere usato per sviluppare prezzi ombra per agenti inquinanti ed impatti. I prezzi ombra si possono usare per riflettere gli effetti di paragone delle varie tecnologie.

Per i danni da riscaldamento globale i costi sono di circa 9 €/tco<sub>2</sub> e derivano da un tasso di sconto medio. La cifra include solo i danni stimabili con una ragionevole certezza e non ci sono abbastanza

informazioni sulla possibile relazione tra riscaldamento globale e impatti di eventi quali uragani e inondazioni.

I costi da evitare per il trattamento di Kyoto sono tra 5 € e 20 €/tCO<sub>2</sub>. È ora possibile anche analizzare i permessi commerciabili di CO<sub>2</sub> che, dalla fine di luglio 2005 all'inizio di ottobre 2005, sono passati da 18 € a 24 €/tCO<sub>2</sub> e questo conferma i 19 €/tCO<sub>2</sub> come valore centrale. Il limite inferiore è di circa 9 €/tCO<sub>2</sub>. Una maggiore riduzione quale l'obiettivo dell'UE di limitare il riscaldamento globale a 2°C in più della temperatura pre-industriale può far abbattere i costi a 95 €/tCO<sub>2</sub>. Resta da vedere se un tale scopo verrà accettato dalla gente e il valore intermedio di 50 €/tCO<sub>2</sub> può essere usato come limite superiore per l'analisi di sensibilità.

La stima sui costi da danno è nota per l'incertezza e in molti dubitano della sua utilità. La prima replica è che anche un'incertezza di 3 è meglio dell'incertezza di infinito. In molti casi i benefici sono tanto maggiori o minori dei costi quanto le implicazioni per una decisione sono chiare anche rispetto all'incertezza. Terzo, se le decisioni politiche sono prese senza una preferenza per i costi o i benefici, il risultato farà variare i costi o i benefici. Le analisi sulle conseguenze di questi errori non corretti portano ad un risultato rassicurante: un extra costo sociale causato da costi da danno incerti (confrontato con il costo minimo sociale che si avrebbe con una conoscenza perfetta) è molto piccolo, meno del 10-20% anche se i costi da danno sono sbagliati di un fattore 3. Comunque senza la conoscenza dei costi da danno, il costo extra sociale può essere molto alto.

Una possibilità per esplorare l'incertezza è fare analisi di sensitività e vedere se la decisione cambia per differenti assunti. È interessante che alcune conclusioni o scelte siano solide, cioè non cambino per i vari valori di costi esterni. Inoltre si può dimostrare che le tecnologie per la produzione di elettricità, rispetto ai costi esterni, non variano se cambiano gli assunti.

Una quota notevole di incertezza non ha natura scientifica, ma è il risultato di scelte etiche, ad esempio la valutazione delle vite perse in diverse regioni del mondo. Un approccio per ridurre i risultati, che

nascono dalle diverse assunzioni, per valutare i costi esterni sui temi principali, come gruppi sociali rilevanti o politici, aiuta a restringere il campo dei costi ottenuti nell'analisi di sensibilità. Questo faciliterebbe le decisioni in situazioni concrete e l'attuazione alla soluzione delle rimanenti questioni chiave.

#### **14.2. Il progetto MCDA-RES**

Il *Multi-Criteria Software Decision Analysis Tool for Renewable Energy Sources* (McdA-Res) è un progetto finanziato dal V programma quadro dell'Unione Europea per promuovere l'uso delle fonti energetiche rinnovabili (Poladitis e Haralambopoulos, 2004).

Non sembra sia stato fatto molto per gli aspetti locali del processo decisionale sulla valutazione e l'implementazione dei progetti sulle energie rinnovabili. Poiché si interferisce con istituzioni e comunità locali, sarebbe importante avere una regolamentazione standard per la valutazione dei progetti per le fonti energetiche rinnovabili. Inoltre, l'esperienza mostra che anche se le energie rinnovabili hanno un grande sostegno pubblico, mancano di una reale applicabilità. Di conseguenza, sembra che ci sia una conoscenza dispersa nella ricerca delle valutazioni e delle decisioni. Per questo sono necessarie nuove politiche e nuovi approcci.

Primo, bisogna considerare una serie di fattori conflittuali tecnologici, economici, ambientali, sociali, di rischio, ecc. Significa incorporare molti criteri di valutazione nel processo decisionale. L'uso dei metodi multicriterio permette l'utilizzo di molti criteri anche non legati a risultati monetari come nel caso di esternalità o intangibili. Il processo è più trasparente e fornisce una maggiore familiarizzazione degli attori coinvolti con gli aspetti importanti delle questioni considerate. I metodi multicriterio possono rivelarsi come strumento per lo sviluppo delle tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili in grado di evidenziare costi e benefici reali nell'uso delle stesse.

La scelta del sito, il tipo di piano, il livello di sfruttamento delle risorse, le caratteristiche delle diverse tecnologie ed i progetti possono

essere affrontati e risolti come “obiettivi tecnici” parte del problema. La chiarezza del processo fa sì che i metodi multicriterio non siano solo uno strumento per legittimare decisioni già prese a livello centrale.

Il coinvolgimento del pubblico nel processo decisionale è utile per assicurare che le decisioni riflettano i valori locali; ottenere informazioni essenziali altrimenti perse; valorizzare l'equità e la trasparenza delle procedure. Considerato l'impatto immediato e futuro sulle comunità locali, è ovvio che nessuna proposta di sviluppo potrebbe funzionare senza il forte impegno della collettività. In più, coinvolgendo il pubblico nelle consultazioni nelle azioni trasparenti fa spostare il governo verso una maggiore pratica partecipativa-democratica. I metodi multicriterio dovrebbero essere il “core” del modello decisionale per la valutazione delle fonti energetiche rinnovabili. Detto approccio facilita la raccolta di informazioni sulle condizioni ambientali locali, il potenziale di energia rinnovabile, l'atteggiamento verso le fonti energetiche rinnovabili e le procedure decisionali.

Il progetto Mcda-Res promuove il fronteggiare problemi ambientali a scala europea, cercando di quantificare il progresso delle politiche europee verso l'impegno internazionale o gli obiettivi politici. Questo assicura un approccio più a lungo termine sulla protezione ambientale, le risorse e gli obiettivi politici generali dell'Unione Europea.

La standardizzazione del processo può facilitare la messa in contatto di compagnie di lavorazione e vendita delle attrezzature per l'energia, i consulenti energetici e le autorità di pianificazione regionale. Questo è un problema importante perché nel nuovo mercato “deregolato” gli utenti, gli investitori, i venditori e le autorità locali possono comprendere il loro potenziale di investimento, valutare le alternative di produzione energetica, identificare le soluzioni più efficienti e quantificare la possibilità di ottenere profitti e stimare la sostenibilità ambientale. Questi dati possono essere ottenuti mediante il data base di Mcda-Res, Tool Kit.

È un software di analisi decisionale multicriterio per la valutazione dei progetti di energia rinnovabile<sup>35</sup>. Un *tutorial online* che fornisce le linee guida a chi è interessato a sviluppare risorse energetiche rinnovabili specie all'interno dell'Unione Europea. Il cuore del Tool-kit è un modulo di analisi multicriterio che effettua una valutazione integrata comparativa dei progetti che sperimentano l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili ed assiste l'utente nel determinare il più appropriato. Il processo decisionale è basato su otto steps successivi:

- identificazione del problema e raccolta iniziale dei dati: si inizia una procedura di valutazione integrata per decidere tra progetti competitivi ed il “non fare”;
- identificazione degli stakeholders: si individuano i gruppi coinvolti nella pianificazione e nelle decisioni;
- creazione delle alternative: l'insieme dei progetti alternativi dovrebbe scaturire dagli input degli stakeholders (specie quelli locali) durante la fase di consultazione. Gli attori locali conoscono informazioni che gli analisti ignorano e possono mettere in luce importanti argomenti che altrimenti andrebbero persi. Inoltre, un approccio *stage by stage* familiarizza i partecipanti con i veri costi e benefici dell'energia rinnovabile ed è importante il consenso dei partecipanti sull'insieme di alternative considerate;
- creazione dei criteri: viene esplicitato il range di tutti i criteri per evitare incoerenze quando si risolve il trade-off dei valori tra obiettivi diversi. I criteri decisionali dovrebbero essere scomposti in indicatori direttamente misurati, pronti ad essere integrati nel modello. È un lavoro di solito accompagnato da giudizi forti qualitativi (e discutibili). Tuttavia è un passo necessario per il suo alto contributo alla trasparenza della procedura e per il suo potenziale di identificazione dei punti deboli del processo<sup>36</sup>;

35. È stato sviluppato con l'assistenza del progetto europeo “lo sviluppo e l'applicazione di un software di analisi decisionale multicriterio per le fonti di energia rinnovabili” Ha richiesto la collaborazione di gruppi di ricerca della Libera Università di Amsterdam, l'Università Autonoma di Barcellona e l'Università dell'Egeo, con il sostegno infrastrutturale della società di consulenza Energia S.A.

36. Sono state identificate 5 principali categorie di criteri valutativi: energia, economia, ambiente, società e tecnologia. È stato tratto un set preliminare di 20 criteri da questa base,

- valutazione dei criteri e preferenze: si raccolgono e si valutano le informazioni rilevanti come la stima del potenziale delle energie rinnovabili, dati regionali, istituzionali, finanziari e legali, dati relativi al progetto. Per questo è stato sviluppato e applicato un appropriato strumento di calcolo in Excel. Dalla raccolta iniziale di informazioni può essere creata una agenda di decisioni e viene rivelata la reale disponibilità per lo sfruttamento. Il risultato del processo viene comunicato alle parti interessate;
- selezione della tecnica multicriterio da utilizzare: i software considerati sono l'Electre III, il Promethee II, il Naiade ed il Regime;
- applicazione del modello: lista delle opzioni di offerta di energia rinnovabile o la selezione dell'alternativa "migliore" secondo l'input;
- analisi degli stakeholders dei risultati e feed-back: di solito è il caso in cui non c'è consenso tra i gruppi. Tuttavia si può iniziare una procedura iterativa partendo da una analisi di sensitività avanzata dei pesi dei criteri per permettere agli stakeholders di fornire un adeguato feed-back.

Il modello è solo una proposta, i sistemi di sostegno alle decisioni sono pensati per aiutare i decision makers e non per sostituirli. Tale software vuole fornire linee guida che permettano l'analisi integrata degli investimenti in tecnologie da fonti energetiche rinnovabili. Questo processo deve aiutare a prendere decisioni in merito al progetto da implementare.

alcuni misurati con una scala di impatti quantitativi e altri qualitativi. Il set di criteri può essere presentato agli stakeholders per fargli esprimere la loro preferenza relativa sui criteri stabiliti e le osservazioni sulla selezione finale. Con questa procedura gli stakeholders possono aggiungere criteri che ritengono importanti ed escluderne altri irrilevanti o non importanti.

## **15. Le valutazioni per il “miglioramento” della qualità della vita e dell’ambiente**

Nel delineare i percorsi possibili verso la sostenibilità, un’ enfasi particolare è data a tre aspetti fondamentali: i legami tra le componenti chiave della sostenibilità, ovvero la dimensione economica, sociale ed ambientale; il bisogno di bilanciare tali legami in presenza di conflittualità; la necessità di assicurarsi che le politiche economiche tengano conto dei problemi di politica ambientale e sociale e viceversa.

Il settore energetico gioca un ruolo fondamentale in tutte le dimensioni della sostenibilità: da un lato, infatti, l’energia è un bene fondamentale per lo sviluppo socio-economico ed ha quindi le caratteristiche del “bene meritorio”, mentre dall’altro la sua disponibilità, praticamente, universale, almeno nelle economie sviluppate, implica un non trascurabile impatto ambientale generato a scala locale, regionale e globale.

La relazione tra energia ed ambiente svolge un ruolo fondamentale nel percorso verso la costruzione di un’economia sostenibile. La crescita del sistema economico, è vincolata sia dalla limitatezza e finitezza dell’ecosistema terra, base fisico-naturale del sistema economico-sociale, quanto in termini di disponibilità limitata di risorse naturali e limitata capacità ricettiva dell’ambiente stesso.

La programmazione in campo energetico, in generale, ha una valenza temporale di medio-lungo periodo e risponde ad un complesso apparato normativo che si articola in criteri di sicurezza, economicità, qualità del servizio e garanzie di tutela ambientale, coinvolgendo ambiti territoriali ed amministrativi a tutti i livelli di organizzazione della nazione. Per favorire lo sviluppo di un’analisi coerente di scelte di programmazione energetica sono necessari adeguati sistemi di supporto alle decisioni. Il sistema *Sesamo* (Scenari Energetici: un Sistema di Analisi a Molti Obiettivi), nell’ambito dei progetti europei e di ExternE, si configura quindi come uno strumento di supporto alle decisioni nelle diverse fasi di programmazione degli interventi di sviluppo del sistema elettrico nazionale, alla luce delle istanze dello sviluppo sostenibile.

Il sistema Sesamo si propone di articolare e sviluppare complessità di obiettivi a partire dalla relazione tra il concetto di “sostenibilità” e quello di “supporto alle decisioni”, per cui al primo è richiesto di mettere in equilibrio la dimensione economica, sociale ed ambientale alle diverse scale spaziali (dal locale al globale) e temporali, mentre, al secondo, di sviluppare concretamente la dinamica dei molti soggetti partecipanti al processo decisionale.

Esso è articolato in tre fasi: *definizione delle alternative, analisi e valutazione*, secondo un’ampia possibilità di scelta di metodologie di valutazione. Il sistema si propone sia come supporto ad un singolo decisore, che come base per un tavolo di discussione in cui ciascun attore può farsi portatore del proprio sistema di valutazione, mettendo così in evidenza gli eventuali conflitti tra diversi obiettivi e tra diversi portatori di interesse, con l’obiettivo ultimo di giungere ad una soluzione di “compromesso” e condivisa (Cesi, 2003).

Il sistema Sesamo prevede un modulo di valutazione in cui, utilizzando degli indicatori di sostenibilità, si perviene ad un ordinamento tra diverse alternative di sviluppo del settore energetico, mediante l’uso di tecniche di valutazione a multi obiettivi. A fianco del normale percorso di valutazione, si è stabilito di inserire nel sistema alcuni metodi di valutazione integrata, che, utilizzando metodologie di elaborazione complesse pervengono, a loro volta, ad un ordinamento delle alternative, basato su opportune ipotesi. Il calcolo dei costi esterni<sup>37</sup> rientra tra questi metodi. Utilizzando il calcolo dei costi esterni è, teoricamente, possibile ridurre fattori di tipo diverso, quali ad esempio gli effetti delle emissioni in atmosfera e l’impatto visivo, ad un’unica grandezza omogenea, il valore monetario. Il calcolo dei costi esterni si configura come un metodo integrato di valutazione, capace di comprendere nella valutazione stessa i diversi impatti generati dall’alternativa in esame. Esistono, però, problemi metodologici, che impediscono un’estensione ampia del metodo, la cui applicazione è

37. Consiste, in estrema sintesi, nella valutazione economica di tutti gli effetti di un’attività sull’ambiente circostante, siano essi positivi o negativi, che non vengono considerati direttamente nelle valutazioni economiche di chi gestisce l’attività e non rientrano quindi nella quantificazione dei costi del prodotto o servizio offerto (cfr. parte I, § 3.3).

attualmente limitata solo ad alcuni fattori di pressione. Con il sistema Sesamo si sta tentando di adottare alcune metodologie per consentire di inserire il calcolo dei costi esterni all'interno del sistema stesso in maniera più semplice e flessibile, garantendo un buon livello di affidabilità dei risultati ottenuti.

### ***15.1. Le fonti energetiche rinnovabili: una prospettiva per il superamento dei limiti allo sviluppo***

La fonte di energia può determinare il limite del progresso umano. Tutti i progressi sono legati a speciali sussidi di energia ed il progresso stesso si dissolve dove e quando questi vengono a mancare. Conoscenza e genialità sono strumenti per l'applicazione dei sussidi di energia disponibili, ed anche lo sviluppo e la conservazione della conoscenza dipendono dalla disponibilità di energia (Odum, 1971).

Spesso la storia delle civiltà si intreccia con la questione energetica e la stessa non può essere adeguatamente compresa se non si valuta la rilevanza dei "sussidi di energia". Se nel corso della storia il vincolo è rappresentato dal "surplus" di energia, la creatività dell'uomo viene "limitata" e con essa il progresso ed il benessere (Rifkin, 2002).

La valutazione del progresso di ogni cultura deve tener conto di tre fattori critici: la quantità di energia catturata e sfruttata pro capite ogni anno, l'efficienza dei mezzi tecnologici con cui l'energia è catturata e sfruttata, la grandezza dei beni e dei servizi prodotti per le necessità umane (White, 1969).

L'approccio al lavoro è oggi indirizzato verso la produzione di beni e servizi necessari per la popolazione, utilizzando tecnologie innovative e sempre più automatizzate, limitando l'uso della forza lavoro umana. La trasformazione della natura del lavoro comporta anche un cambiamento nelle modalità di uso dell'energia. I progressi, economici, politici e sociali, sono stati possibili grazie ai depositi di idrocarburi (carbone, petrolio e gas naturale). Negli ultimi 200 anni lo sfruttamento delle risorse ha superato quello delle civiltà precedenti. Il ruolo fondamentale dell'energia ci pone di fronte al rischio di una crisi

energetica legata alle leggi della termodinamica, che stabiliscono i limiti dell'uomo nel tentativo di "dominare" l'ambiente. La vulnerabilità dell'uomo è elevata a causa dell'infrastruttura energetica molto centralizzata e gerarchizzata (con la conseguente struttura economica) creata per gestire un regime energetico fondato sui combustibili fossili, che comportano difficoltà legate alla scoperta ed all'utilizzo delle varie forme di energia.

Lo sfruttamento dei combustibili fossili richiede gravi costi associati alla loro lavorazione per la trasformazione e, di conseguenza, ingenti investimenti di capitale, che hanno portato alla formazione di grosse imprese energetiche. Queste, in numero ristretto, gestiscono il flusso di energia ed attività economiche delle comunità di tutto il mondo. Nello scenario attuale il petrolio ed il gas naturale sono diventati le fonti fossili più rappresentative e, nonostante non vi sia un'unanime definizione dei limiti dei giacimenti, gli esperti concordano sul fatto che le riserve "ultime" saranno di proprietà di paesi arabo-musulmani, con conseguenti effetti sull'equilibrio politico mondiale (Rifkin, 2002).

La carenza di risorse fossili potrebbe indurre allo sfruttamento incontrollato di risorse poco pulite, incrementando le emissioni di gas dannosi per l'atmosfera e compromettendo irreversibilmente l'equilibrio del sistema ecologico.

L'origine principale dell'energia che trasformiamo è il sole che, a sua volta, trasforma l'energia dell'atomo di idrogeno, di cui è composto, in energia luminosa e radiante. L'energia solare accumulata da piante ed animali in molte complesse trasformazioni di fissazione del carbonio, si è trasformata, nelle ere passate, in giacimenti fossili di petrolio, carbone e gas naturale, la nostra principale fonte di energia primaria (Bartolazzi, 2006).

L'accumulazione di tali fonti energetiche è avvenuta in migliaia di anni con processi lentissimi e non replicabili. L'utilizzo può generare preoccupazione perché, una volta esaurite<sup>38</sup>, il mondo potrebbe trovarsi

38. Può essere opportuno fare una distinzione tra "riserve", cioè la quantità di fossili conosciuta presente nei giacimenti ed estraibile con le tecnologie attuali in un lasso di tempo prevedibile ed a costo ragionevole e "risorse", che rappresentano la stima teorica della quantità totale di fossili che potrebbe esistere in una determinata regione, inclusa quella che non può essere

nella necessità impellente di cambiare la sua fonte di energia. Il crescente tasso di dipendenza energetica dell'Europa dal resto del mondo, il ruolo determinante del petrolio per il prezzo dell'energia ed i risultati deludenti delle politiche di riduzione dei consumi rivelano le debolezze strutturali dell'approvvigionamento energetico dell'Unione Europea (UE).

La promozione attiva delle fonti energetiche rinnovabili per la produzione di energia diventa obiettivo fondamentale dell'UE e, nonostante non siano state ancora raggiunte percentuali considerevoli, le linee di tendenza attuali mostrano i notevoli progressi ottenuti nel campo delle tecnologie legate alla produzione proprio da dette fonti. Per esse non esistono, normalmente, reali problemi quantitativi di approvvigionamento. Anche i rifiuti domestici, in costante crescita, potrebbero offrire buone opportunità di sfruttamento, così come i sottoprodotti dell'industria del legno e dell'industria agro-alimentare. L'energia eolica è riuscita ad ottenere un suo spazio sul mercato. Il fotovoltaico non ha ancora raggiunto un buon livello di competitività commerciale, nonostante la ricerca di settore abbia ottenuto risultati soddisfacenti.

Il problema rilevante è però di ordine finanziario. Bisogna essere consapevoli che alcune fonti energetiche rinnovabili necessitano di forti investimenti iniziali, come è avvenuto in passato con altre tipologie (carbone, petrolio e nucleare) (Libro Verde, 2000).

Nell'attuale situazione economica, gli elevati costi iniziali di investimento ostacolano un maggiore ricorso a talune energie rinnovabili se paragonate alle fossili, che, tuttavia, non riflettono i costi effettivi, compresi i "costi esterni" per la società, rappresentati dai danni ambientali ed alla salute, conseguenti al loro impiego. Le tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili, come molte altre tecniche innovative, risentono di un'iniziale mancanza di fiducia da parte degli imprenditori, dei fruitori e della stessa classe politica, dovuta a scarsa consapevolezza del loro potenziale tecnico/economico

estratta o raffinata a condizioni vantaggiose, mediante tecnologie oggi disponibili e l'attuale situazione del mercato (Rifkin, 2002).

e ad una resistenza generale al cambiamento. Attualmente alcuni stati membri dell'UE hanno già introdotto forme di "aiuti" per incentivare l'uso e promuovere lo sviluppo di dette tecnologie innovative (obbligo di acquisto di certificati verdi, bandi di gara per una certa capacità, tariffe agevolate per la vendita di elettricità pulita, incentivi fiscali, ecc.).

Per le fonti rinnovabili, così come per le fossili, vanno considerate le nozioni di *energia*, intesa come misura del lavoro, e *potenza* quale misura della capacità di svolgere detto lavoro. Spesso i due termini vengono considerati equivalenti, anche a causa della somiglianza delle unità di misura utilizzate: watt (W), kiloWatt (kW) e MegaWatt (MW) per la potenza e Wattora (Wh), kiloWattora (kWh), MegaWattora (MWh) per l'energia. Il significato della generazione di un kWh coincide, ad esempio, con la produzione di un impianto della potenza di un kW che ha lavorato per un'ora.

Per l'energia rinnovabile questa distinzione è rilevante perché molti tipi di impianti sono legati alla presenza momentanea della risorsa (eolico, fotovoltaico, maree). Un impianto termoelettrico di un kW di potenza (kWp) produrrà fino a 24 kWh al giorno. Un impianto fotovoltaico della potenza di un kWp produce un kWh all'ora con una buona insolazione, ma produce di meno se è nuvoloso o nulla di notte. In Italia produce, in media, 4 kWh. Entrambi sono impianti da un kWp, ma il primo ha un *capacity factor* del 100% mentre il secondo solo 16,6% (ossia 4/24). Per questo motivo comparare la potenza installata di impianti tradizionali con quella delle tecnologie da fonti rinnovabili è fuorviante (Bartolazzi, 2006).

La disponibilità energetica è varia e la sua forma dipende dall'uso: *primaria*, prima della trasformazione (petrolio, carbone, uranio, sole, vento), *secondaria*, quella in trasformazione (calore in centrale, energia elettrica in centrale), *finale*, utilizzata dall'utente (energia elettrica presso l'utente, benzina al distributore) ed energia *utile*, la forma che noi effettivamente sfruttiamo come calore, luce, o movimento.

Nella visione del fruitore si potrebbero definire tre caratteristiche relative alla qualità dell'energia: *trasportabilità*, *disponibilità* e

*trasformabilità*. La prima si fonda sulla possibilità di trasportare facilmente l'energia con mezzi economici, anche in luoghi lontani ed a livello ramificato, senza disperderla. La disponibilità si riferisce alla possibilità di usarla in qualunque momento ed in qualsiasi quantità. La trasformabilità riguarda la possibilità di cambiare facilmente la forma dell'energia per usarla a scopi diversi. Analizzando tali caratteristiche risulta evidente come l'energia elettrica sia la forma più pregiata di energia esistente (Bartolazzi, 2006).

Nell'analisi della qualità dell'energia va considerata una caratteristica intrinseca della fonte in grado di causare impatti ed effetti, a livello di sistema energetico, sull'ambiente: *l'impatto ambientale*. Questo consiste nel valutare quali ripercussioni vi possano essere nell'ambiente a causa dell'utilizzo di una specifica fonte energetica.

Le ripercussioni delle attuali tecnologie utilizzate sono: l'effetto serra, l'inquinamento ed i problemi sanitari, l'esaurimento delle scorte, i problemi politici e l'instabilità economica. L'uso del combustibile fossile, ad esempio, contribuisce all'esaurimento dei giacimenti accumulati nel tempo. Il petrolio è una risorsa preziosa, perché da esso si producono moltissime merci a partire dalle plastiche, e, "bruciarlo" per l'energia, è il modo peggiore di impiegarlo. Inoltre il suo prezzo altalenante rende il futuro più insicuro. Non va trascurata la questione etico-sociale di ripartizione equa delle risorse mondiali, in base alla quale è ingiusto che, un abitante dei paesi considerati industrializzati utilizzi, per vivere, l'equivalente di dieci litri di petrolio al giorno mentre uno dei paesi in via di sviluppo solo due; sebbene per le leggi di mercato questa è la ripartizione più efficiente ai fini del progresso (Rifkin, 2002).

I principali danni ambientali relativi, in particolare, ai cambiamenti climatici dovuti ad effetto serra, gravano, soprattutto, sui paesi in via di sviluppo. Il cosiddetto "effetto serra" è un fenomeno che avviene all'interno dell'atmosfera in cui l'anidride carbonica ed altri gas hanno lo stesso esito del vetro nella serra<sup>39</sup>, riscaldando la temperatura

39. La serra, il capanno vetrato dove si coltivano fiori, frutta o altro, sfrutta, per mantenere una temperatura moderata, una caratteristica del vetro che permette il passaggio della luce ma

terrestre. Aumentare la percentuale dei gas serra<sup>40</sup> accresce il calore trattenuto e, di conseguenza, la temperatura. Tra i gas l'anidride carbonica ha un peso maggiore e le emissioni si calcolano, di norma, in milioni di tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub>. Questa tesi, che è ancora oggi oggetto di discussioni, è stata accettata dai molti paesi nel mondo che hanno ratificato il protocollo di Kyoto, ossia uno strumento politico per avviare la riduzione dei gas serra.

Il metodo per raggiungere l'obiettivo della riduzione è lo stesso che ha sempre usato l'uomo quando una risorsa che si credeva infinita è diventata scarsa: creare un'economia di mercato per tale risorsa cercando di gestirne un'allocatione ottimale<sup>41</sup>.

I paesi, cosiddetti, sviluppati (Unione Europea a 25, Canada, Giappone e Nuova Zeanda) si sono impegnati a ridurre le emissioni rispetto ai valori del 1990. I paesi in via di sviluppo, invece, non hanno obblighi, anche se l'obiettivo è coinvolgerli in una delle prossime fasi (dal 2012). Per verificare l'effettiva diminuzione dei gas serra, a ciascun paese è stato chiesto un piano di riduzione delle emissioni.

ostacola quello della luce riflessa. In questo modo gran parte dell'energia luminosa trasmessa dal sole si ferma all'interno del capanno e lo riscalda.

40. I gas climalteranti che contribuiscono all'effetto serra sono: anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>).

41. Ad esempio, per gestire la nuova risorsa scarsa "aria pulita", si sono creati i concetti giuridici di diritto di emissione (similmente al diritto di proprietà dei terreni) e di contratto di compravendita di questo diritto, con l'obiettivo di creare un mercato che individui il valore economico del bene scarso. Questo mercato si basa su tre innovazioni legislative previste dal protocollo: Clean Development Mechanism (Cdm), Joint Implementation (JI) ed Emission Trading (ET). Il Cdm e la JI danno la possibilità ad un paese sviluppato che deve ridurre le emissioni di realizzare un progetto di riduzione di un paese in via di sviluppo (Cdm), o in un altro paese sviluppato (JI) vedendosi riconosciuti i relativi diritti di emissione. L'Emission Trading istituisce la compravendita dei diritti di emissione (Bartolazzi, 2006).

**Tabella 14 – Energia: offerta, qualità e tipologia**

Offerta Energia	Qualità energia				
		Non rinnovabili	Rinnovabili	Interna al sistema ecologico	Esterna al sistema ecologico
<b>Primaria</b> Prima della trasformazione (petrolio, carbone, sole, vento)	<b>Disponibilità</b>	Limitata/scarsa	Apparentemente illimitata	Idroelettrico (macro – micro)	Solare (termico – fotovoltaico)
<b>Secondaria</b> In trasformazione (calore o energia elettrica in centrale)	<b>Trasformabilità</b>	Possibile	Possibile	Geotermico	Eolico (onshore – offshore)
<b>Finale</b> Usata dall'utente (energia elettrica presso l'utente, benzina al distributore)	<b>Trasportabilità</b>	Possibile (no diffusione/decentramento) Grande scala No equità No piccoli investitori (impianti)	Possibile (maggiore diffusione/decentramento) Piccola scala Equità Piccoli investitori (impianti)	Biomassa	
<b>Utile</b> Forma di energia effettivamente utilizzata (calore, luce, movimento)	<b>Impatto sull'ambiente</b>	Paesaggio Rumore Effetto serra Inquinamento	Paesaggio Rumore Fauna Ombre		
	<b>Impatto sulla collettività</b>	No equità Incremento rischi mortalità/morbilità Incremento problemi politici/approvvigionamento Influenza economia	Equità Riduzione rischi mortalità/morbilità Riduzione problemi politici/approvvigionamento Influenza economia		

L'Italia si è impegnata a raggiungere una diminuzione del 6,5%, ma dal 1990 il livello è aumentato e si è registrato un incremento del 9% con una conseguente rimodulazione dell'obiettivo: il 15,5%, difficilmente raggiungibile in 5-9 anni (Degli Espinosa, 2006).

Proprio le pressioni richieste dal protocollo di Kyoto hanno spinto, in particolare, gli stati europei ad impegnarsi in una politica a favore del risparmio energetico e della promozione delle fonti energetiche rinnovabili. Le due questioni sono fortemente legate sia a causa del *trend* crescente della domanda energetica, sia per le implicazioni ambientali connesse allo sfruttamento delle risorse che spingono le politiche dei paesi "industrializzati" verso una diversificazione delle fonti energetiche e l'ottimizzazione dei sistemi finalizzati ad una riduzione sempre maggiore dei consumi. I settori dove si registrano maggiori sprechi, nei paesi industrializzati (tra cui anche l'Italia), sono il sistema produttivo ed il comparto residenziale e dei trasporti.

Nonostante gli impegni presi con il protocollo di Kyoto, riguardanti la riduzione dei gas responsabili dell'effetto serra, i paesi europei hanno un comportamento differente: un forte impegno nel perseguimento degli obiettivi, da parte della Germania e della Gran Bretagna, ad esempio ed, all'opposto, un mancato rispetto degli impegni presi con ulteriore aumento delle emissioni (Spagna, Italia).

## **16. La promozione delle rinnovabili in Germania**

La Germania ha promulgato, nel 2000<sup>42</sup>, la Erneuerbare Energien Gesetz (Eeg), una normativa particolarmente efficace che ha contribuito ad una notevole implementazione delle energie rinnovabili nel paese. Essa individua i meccanismi per attivare l'opzione prioritaria delle energie rinnovabili all'interno del mercato nazionale, così come previsto dalle direttive europee. Le compagnie elettriche beneficiano di

42. Il primo programma di 1.000 tetti fotovoltaici realizzato in Germania agli inizi degli anni novanta si è rivelato un successo per l'introduzione sul mercato di questa energia, la garanzia di qualità e il miglioramento dei costi e dello stesso anno è la legge sulle forniture di elettricità (Stromeinspeisungsgesetz) che ha avuto un notevole impatto sulla promozione delle fonti energetiche alternati-ve e la formulazione della Erneuerbare Energien Gesetz (Eeg) del 2000.

compensi per immettere nella rete elettricità proveniente da fonti rinnovabili. Per ciascuna tipologia da rinnovabili è prevista una tariffa incentivante<sup>43</sup>. La retribuzione per ogni kWh prodotto rimane la stessa per un periodo di 20 anni ad eccezione dell'idroelettrico che necessita di un periodo maggiore per ammortizzare i costi di investimento. Il sistema fornisce la sicurezza necessaria alla remunerazione dell'investimento. L'importanza di questa scelta nazionale si riscontra nei risvolti occupazionali, conseguiti all'incremento delle nuove tecnologie legate alle energie rinnovabili e, soprattutto, alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, che possono essere diminuite, al 2010, di circa il 3% attraverso l'uso di "energia pulita" che raggiunga il 10%.

Infatti, tra gli obiettivi della norma si riscontra quello di "agevolare uno sviluppo sostenibile della fornitura energetica nell'interesse della gestione del riscaldamento globale e della protezione dell'ambiente, raggiungendo un incremento sostanziale nel contributo offerto dalle fonti energetiche rinnovabili, per la fornitura di elettricità, per raddoppiarne l'uso al 2010, in linea con le direttive europee". La normativa riguarda l'elettricità prodotta da idroelettrico, eolico, solare, geotermico, impianti per il trattamento di acque reflue, biomasse.

Nell'aprile del 2004 il governo tedesco ha pubblicato una revisione del testo di legge per fornire un ulteriore impulso al settore delle energie rinnovabili. L'emendamento è utile a portare avanti i benefici già conseguiti, che nel 2003 hanno visto raggiungere un giro d'affari annuo di circa 10 miliardi di euro ed un numero di posti di lavoro che si aggira intorno alle 120.000 unità.

La variante prevede, inoltre, di incrementare la fornitura di elettricità da fonti rinnovabili al 12,5% nel 2010, fino a raggiungere il 20% nel 2020. Inoltre, la modifica servirà a raggiungere un maggiore livello di efficienza. In Germania, la normativa per le fonti energetiche rinnovabili è, infatti, uno degli strumenti con rilevante efficacia ed efficienza per la protezione del clima. Nel 2003 l'uso di "energia pulita" ha permesso una riduzione di CO<sub>2</sub> di circa 53 milioni di

43. I kWh prodotti da fonte energetica rinnovabile vengono retribuiti ad un "prezzo" maggiore di quello pagato alla compagnia per la fornitura elettrica.

tonnellate e, per il 2010, è attesa una diminuzione di emissioni da gas serra per 40 milioni di tonnellate. In particolare, da uno studio effettuato dal Ministero dell'ambiente tedesco, si è stimata la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> dovuta all'uso di energie rinnovabili, ma anche quella attribuibile all'applicazione della normativa in oggetto, in particolare per l'elettricità (tab. 2).

La variante del 2004 regola, nel dettaglio, gli obiettivi già proposti dalla legge del 2000, disciplinando meglio anche la retribuzione per l'energia prodotta. A seconda della risorsa utilizzata, l'elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili è differentemente retribuita (tab. 3).

L'energia generata dalle centrali eoliche *on shore* (con aerogeneratori a terra) verrà retribuita per un periodo di 20 anni durante il quale si applicheranno due differenti tariffe. Gli impianti commissionati dopo l'entrata in vigore della legge riceveranno, per i primi 5 anni, 8,7 centesimi per 1 kWh di elettricità prodotto, mentre per i successivi 15 anni, 5,5 centesimi per 1 kWh.

**Tabella 15 – Produzione di elettricità e riduzione emissioni di CO<sub>2</sub> in Germania**

<b>Elettricità</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>2003</b>	<b>2010</b>
Elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili	TWh	46,3	72,5
Riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> dall'uso di fonti energetiche rinnovabili	Mt CO <sub>2</sub>	37,0	58,1
Riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> attribuibile alla normativa	Mt CO <sub>2</sub>	23,5	41,7
Riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> non attribuibile alla normativa	Mt CO <sub>2</sub>	13,5	16,4

Fonte: Erneuerbare-Energien-Gesetz (Eeg), 2004

Se il sito dove è localizzato l'impianto è poco ventilato, allora il prezzo iniziale verrà applicato per 12 anni. La legge è, inoltre, interessata alla promozione ed allo sviluppo di centrali ad energia eolica *off shore* (con aerogeneratori in mare). Un kWh di elettricità prodotto, per le centrali site a 12 miglia marine di distanza dalla costa e,

ad una profondità di 20 metri, operative prima del 2010, viene pagato 9,1 centesimi. Tale retribuzione è prevista per un periodo di 12 anni, tuttavia la prima fase può essere incrementata a seconda della distanza dalla costa (0,5 mesi in più per ogni miglio oltre i 12) e della profondità (1,7 mesi in più per metro oltre i 20). La rata finale è di 6,19 centesimi per 1 kWh.

L'elettricità prodotta da biomasse viene pagata 9,5 centesimi per 1 kWh per un livello di potenza iniziale di 500 kW (per impianti commissionati nel 2004). Per i materiali naturali la rata verrà ulteriormente incrementata di 6 centesimi per 1 kWh, per impianti con una potenza di 500 kW, di 4 centesimi per 1 kWh, per impianti con una potenza di 5 MW e di 2,5 centesimi per 1 kWh, per impianti con una potenza tra 500 kW e 5 MW, per impianti che producono elettricità bruciando il legno. La rata iniziale verrà incrementata di 2 centesimi per 1 kWh per impianti che combinano il sistema di riscaldamento con la produzione di elettricità. Tale prezzo sarà ulteriormente aumentato di 2 centesimi per 1 kWh se verranno utilizzate tecnologie innovative (quali fuel cells, turbine a gas, massificazione termochimica). Anche in questo caso il pagamento verrà applicato per un periodo di 20 anni.

La produzione di elettricità da energia solare è quella maggiormente retribuita. La base di partenza sono 45,7 centesimi per 1 kWh, fino ad arrivare a 57,4 per impianti collocati sulle coperture degli edifici con una potenza minore o uguale a 30 kW. Il prezzo scende a 54,6 fino a 100 kW ed a 54 centesimi per una potenza superiore a 100 kW. Tali prezzi subiscono un incremento di 5 centesimi per 1 kWh se l'impianto viene installato in facciata. Il periodo previsto per la retribuzione è 20 anni.

La tabella 3 riporta, sinteticamente, per ciascuna tipologia di energia rinnovabile, il corrispettivo prezzo imposto dalla normativa, per 1 kWh di elettricità prodotto, a seconda della potenza dell'impianto utilizzato.

La normativa tedesca incentiva, pertanto, tutte le tipologie di fonti energetiche rinnovabili, "potenziando" quelle più deboli, sia dal punto di vista della ricerca riferita ai sistemi tecnologici, sia rispetto alla disponibilità della risorsa legate alle caratteristiche posizionali.

**Tabella 16 – Prezzi imposti dalla normativa per l'elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili**

Fonte	Potenza impianto	Prezzo imposto	Range della potenza	Periodo (anni)
Idroelettrico	Fino a 5 MW	9,67 ct/kWh 6,65 ct/kWh	Fino a 500 kW Da 500 kW a 5 MW	30
	Da 5 a 150 MW	7,67 ct/kWh 6,65 ct/kWh 6,10 ct/kWh 4,56 ct/kWh 3,70 ct/kWh	Fino a 500 kW Da 500 kW a 10 MW Da 10 a 20 MW Da 20 a 50 MW Da 50 a 150 MW	15
Gas da rifiuti, trattamento acque reflue, da miniere	Illimitata	7,67 ct/kWh 6,65 ct/kWh 6,65 ct/kWh	Fino a 500 kW Da 500 kW a 5 MW Gas da miniere da 5 MW	20
	Illimitata	9,67 ct/kWh 8,65 ct/kWh 8,65 ct/kWh	Fino a 500 kW* Da 500 kW a 5 MW* Gas da miniere da 5 MW*	20
Biomasse	Fino a 20 MW	11,50 ct/kWh 9,90 ct/kWh 8,90 ct/kWh 8,40 ct/kWh	Fino a 150 kW Da 150 a 500 kW Da 500 kW a 5 MW Da 5 MW a 20 MW	20
	Fino a 20 MW	3,9 ct/kWh	Fino a 20 MW	20
	Fino a 20 MW	17,50 ct/kWh 15,90 ct/kWh 12,90 ct/kWh	Fino a 150 kW** Da 150 a 500 kW** Da 500 kW a 5 MW**	20
	Fino a 20 MW	17,50 ct/kWh 15,90 ct/kWh 11,40 ct/kWh	Fino a 150 kW*** Da 150 a 500 kW*** Da 500 kW a 5 MW***	20
	Fino a 20 MW	13,50 ct/kWh 11,90 ct/kWh 10,90 ct/kWh 10,40 ct/kWh	Fino a 150 kW**** Da 150 a 500 kW**** Da 500 kW a 5 MW**** Da 5 a 20 MW****	20
	Fino a 20 MW	13,50 ct/kWh 11,90 ct/kWh 10,90 ct/kWh	Fino a 150 kW**** Da 150 a 500 kW**** Da 500 kW a 5 MW****	20
Geotermico	Illimitato	15,00 ct/kWh 14,00 ct/kWh 8,95 ct/kWh 7,16 ct/kWh	Fino a 5 MW Da 5 a 10 MW Da 10 a 20 MW Oltre 20 MW	20
Eolico (onshore)		8,70 ct/kWh (fase 1) 5,50 ct/kWh (fase 2)		20
Eolico (offshore)		9,10 ct/kWh (fase 1) 6,19 ct/kWh (fase 2)		20
Solare	Sul tetto	57,40 ct/kWh 54,60 ct/kWh 54,00 ct/kWh	Fino a 30 kW Da 30 a 100 kW Oltre 100 kW	20
	In facciata	62,40 ct/kWh 59,60 ct/kWh 59,00 ct/kWh	Fino a 30 kW Da 30 a 100 kW Oltre 100 kW	20
	Altre installazioni	45,70 ct/kWh		20

\* Se vengono utilizzate tecnologie innovative

\*\* Se vengono utilizzati materiali naturali

\*\*\* Se viene bruciato il legno

\*\*\*\* Se si utilizza una combinazione tra impianto di riscaldamento e produzione di elettricità

\*\*\*\*\* Se si utilizza una combinazione tra impianto di riscaldamento e produzione di elettricità con l'applicazione di tecnologie innovative

Fonte: Erneuerbare Energien Gesetz (Eeg), 2004

I risultati raggiunti, con l'entrata in vigore della normativa, sono notevoli e la riduzione delle emissioni è di circa il 19%, rispetto al 21% previsto come impegno per il protocollo di Kyoto. Il processo verso la diffusione delle energie rinnovabili dipende dallo stato delle innovazioni tecnologiche e dal ruolo strategico svolto dalle istituzioni pubbliche, ma è anche, sicuramente, il frutto di una raggiunta e diffusa consapevolezza culturale. I cittadini possono, inoltre, contribuire ad indirizzare le politiche locali verso un uso efficiente delle risorse, promuovendo le energie rinnovabili come strumento per lo sviluppo socio-economico soprattutto a livello locale.

Anche le istituzioni pubbliche devono essere promotori del processo ed in grado di stimolare azioni e suggerire strumenti idonei ad indirizzare lo sviluppo urbano/regionale (Fusco Girard e Nijkamp, 2004).

In Germania le politiche pubbliche (legge nazionale per l'incentivazione delle fonti energetiche rinnovabili) ed i programmi nazionali e locali (100.000 tetti fotovoltaici), hanno agevolato progetti promossi da privati, singoli o in gruppo, come la creazione di società per l'installazione, ma anche la gestione di impianti da fonti rinnovabili, in particolare fotovoltaico, eolico e biomassa. La realizzazione di nuove strutture per la promozione dei settori legate alle tecnologie delle rinnovabili (fabbriche per la produzione ed assemblaggio di pannelli solari, per le componenti dell'eolico, istituti per la ricerca); lo sviluppo di società che forniscono sostegno e consulenza a privati imprenditori o cittadini, che vogliono investire in fondi di energie rinnovabili (nuove forme di investimento, incremento del volume di affari di banche etiche e verdi).

La situazione tedesca viene considerata quasi un caso "limite", anche se i paesi del centro-nord Europa si stanno indirizzando verso un'"economia solare", intesa come "dipendente" da forme di energia "instabili" ma con una prospettiva di "riserva" superiore alle cosiddette fonti energetiche convenzionali in quanto capaci di provocare effetti negativi minimi sul sistema ecologico. Il cambiamento è avvenuto in

maniera piuttosto rapida grazie agli incentivi della normativa nazionale e ad una serie di iniziative locali diffuse e soprattutto coordinate.

La promozione e l'implementazione sono avvenute in maniera orizzontale. La possibilità di collocare "micro-impianti energetici" presso l'utente finale, attraverso la generazione distribuita, mette a rischio il dominio degli impianti centralizzati, potere verticistico, necessari per i combustibili fossili e, con tale applicazione, il fruitore può diventare egli stesso produttore.

Il tasso di crescita delle rinnovabili in Germania è di circa 3.000 MW annui (Scheer, 2006) con la creazione di imprese di portata mondiale come la Enercon, la Solar World AG o la Solar Fabrik, che hanno contribuito alla crescita del prodotto interno lordo. Il caso della Germania è rappresentativo, in quanto supportato da studi e valutazioni ex post, che hanno evidenziato l'importanza della promozione delle rinnovabili e del risparmio energetico, sia dal punto di vista economico, nonostante gli incentivi previsti dalla normativa, che ecologico.

È interessante lo studio del Fraunhofer Institut for System and Innovation Research (Isi), in riferimento ai costi esterni per la generazione di elettricità da fonti rinnovabili e fossili. Le attività collegate alla produzione di elettricità comportano svariati effetti: gas serra e danni alla salute sono ritenuti rilevanti per quantificare i costi esterni.

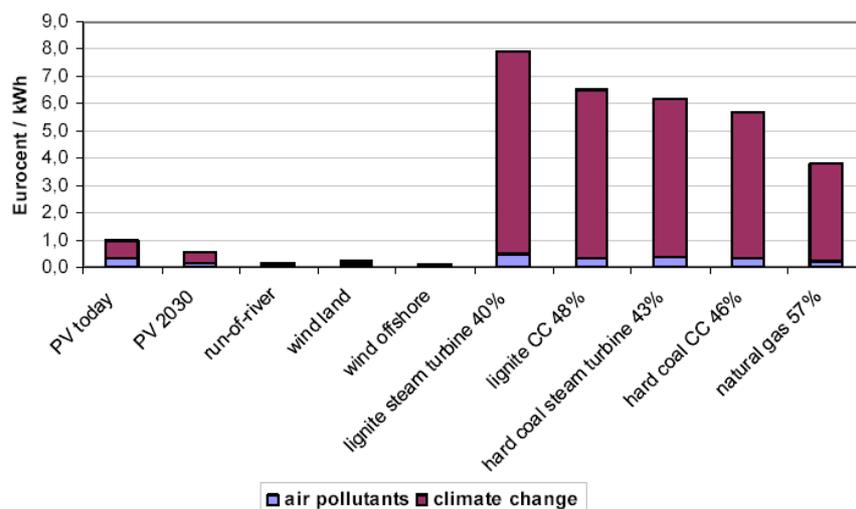
L'interazione tra i cambiamenti climatici, l'ecosistema ed il sistema socio-economico è complessa. Il Dipartimento per l'ambiente della Gran Bretagna comunica che i costi dei cambiamenti climatici sono superiori a 15 € per tonnellata di CO<sub>2</sub> (€/tCO<sub>2</sub>) e possono raggiungere anche i 300 €/tCO<sub>2</sub>. Ipotizzando una media sulla stima del Dipartimento per l'ambiente inglese si giunge a considerare il valore di 70 €/tCO<sub>2</sub> per calcolare i costi esterni. Inoltre, lo studio ExternE della Commissione Europea evidenzia l'aumento del rischio di mortalità connesso all'esposizione cronica al particolato (Pm<sub>10</sub> o Pm<sub>2,5</sub>).

Altri effetti considerati sempre dallo studio ExternE riguardano perdite nel settore agricolo (danni ai raccolti) o altri danni materiali (dovuti alle catastrofi). Inoltre, allo stato attuale, non vi è accordo su

una “monetizzazione” soddisfacente degli impatti sulla biodiversità e sull’ecosistema delle emissioni da SO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub>, né per effetti esterni, quali problemi geopolitici, che vanno semplicemente considerati come “effetti esterni complessivi” legati alla produzione di elettricità.

La figura 1 mostra i costi esterni considerati attribuendo una forte dominanza a quelli relativi ai danni per cambiamenti climatici. Per l’uso dei combustibili fossili i costi esterni sono pari, all’incirca, ai costi, interni, di produzione di elettricità. Per le fonti energetiche rinnovabili i costi si mantengono molto al di sotto di 1 centesimo/kWh, ad eccezione del fotovoltaico<sup>44</sup>.

**Figura 9 – Costi esterni per la generazione di elettricità da fonti rinnovabili e fossili**



Fonte: Fraunhofer Institut for System and Innovation Research (Isi), 2006

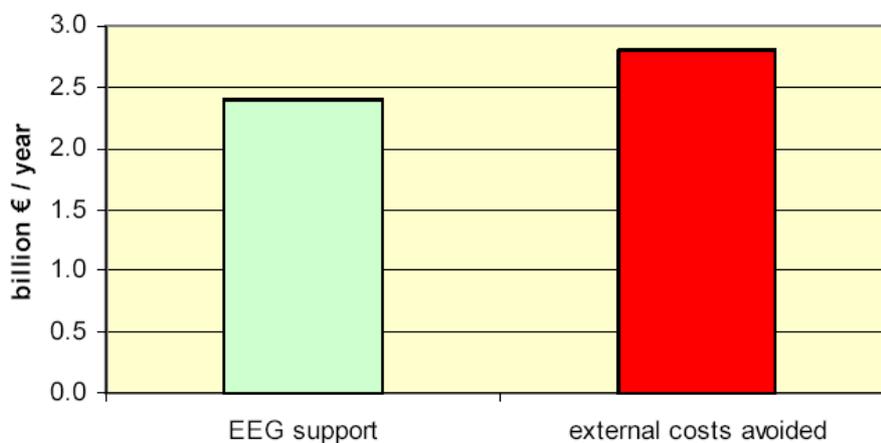
La diffusione delle rinnovabili in Germania ha raggiunto picchi elevati con l’introduzione della normativa sulle tariffe incentivanti, che

44. Tale fonte ha tuttavia una forte riduzione potenziale legata al miglioramento delle tecnologie, difatti la prospettiva del fotovoltaico al 2030 prevede una diminuzione di circa il 50%.

ha indotto alla sostituzione degli impianti convenzionali, limitando danni ambientali e costi esterni. Nel 2005 si sono evitate emissioni per 38 milioni di tCO<sub>2</sub>, 13 kt di SO<sub>2</sub>, 27 kt di NO<sub>x</sub> e 3 kt di particolato. I costi esterni evitati sono stati all'incirca 2,8 miliardi di euro (fig. 2).

Pertanto, i costi sostenuti a causa degli incentivi (normativa Eeg) per il sostegno alle rinnovabili, sono stati sicuramente compensati dai costi evitati. Esiste inoltre una consapevolezza acquisita che l'uso di energie rinnovabili è strettamente legato al risparmio delle risorse. È questo il motivo che, attraverso una partecipazione attenta dei cittadini, ha portato la Germania alla definizione di politiche che prediligono l'uso dei trasporti pubblici e ciclabili, che prevedono la costruzione di nuove abitazioni a basso consumo e che promuovono, attraverso le compagnie locali per la fornitura dei servizi, l'uso di fonti energetiche rinnovabili e tecnologie ad esse collegate.

**Figura 10 – Confronto tra i costi sostenuti per l'incentivo alle rinnovabili ed i costi evitati al 2005**



Fonte: Fraunhofer Institut for System and Innovation Research (Isi), 2006

I “prezzi imposti” dalla legge per l'acquisto di elettricità prodotta con le rinnovabili rappresentano un investimento sicuro sia per private

abitazioni che per edifici pubblici. Da essi conseguono una serie di benefici diretti, indiretti ed indotti quali, ad esempio, nuova occupazione, creazione di nuove aziende, centri di ricerca, attività di servizio. Il compito delle istituzioni pubbliche locali è quello di sostenere tale strategia di sviluppo. Questa nasce dal nodo energetico stimolando la realizzazione di architetture simboliche, che comunichino il significato ed i valori e si configurino come i nuovi “monumenti” della città, determinando benefici di ordine culturale ed estetico, oltre che economico/finanziario. L’immagine complessiva della città viene ad essere migliorata al punto tale da “attrarre” nuovi investimenti ed attività. Nonostante la presenza di società ed istituzioni interessate ad investire nelle fonti rinnovabili, sono i cittadini a “fare la differenza”.

Questi infatti, dotati di una forte cultura volta alla sostenibilità, hanno rappresentato, attraverso una partecipazione attiva alle decisioni, il “motore del cambiamento”. La normativa nazionale e gli incentivi locali hanno, sicuramente, stimolato la realizzazione di nuovi impianti; la consapevolezza raggiunta dalla popolazione ha permesso di dare vita ad uno sviluppo in cui, le energie rinnovabili, diventano nuova fonte di ricchezza, settore prioritario per investimenti finanziari, pretesto per la sperimentazione di tecnologie innovative e sperimentali, e, soprattutto, un “modello di vita” orientato alla sostenibilità. È ancora, purtroppo, opinione diffusa che l’installazione di sistemi alimentati da fonti energetiche rinnovabili abbia costi elevati, nonostante gli incentivi pubblici. Tuttavia, l’obiettivo di “migliorare la qualità della vita”, la stabilità del clima e la difesa della biodiversità rappresentano questioni difficilmente rimandabili a decisioni future. Un cambiamento nella direzione della sostenibilità è *necessario*, oltre che *possibile*. Il processo non è immediato ed improvviso, ma ha bisogno dell’impegno di diversi attori.

Passare ad un’“economia solare” implica lo sforzo di una società non soltanto indirizzato all’uso delle rinnovabili ed all’attuazione del risparmio energetico, ma comporta la capacità di costruire processi decisionali che interrelino questioni ambientali, sociali ed economiche attraverso lo strumento della partecipazione della comunità. In esso,

anche il patrimonio naturale e costruito, può svolgere un ruolo fondamentale in quanto depositario di valori che contribuiscono al riconoscimento di un comune sentire, di una specificità e diversità che significano differenza rispetto ad altre realtà, rappresentanti del patrimonio genetico con cui le generazioni passate comunicano con quelle attuali e future (Fusco Girard e Nijkamp, 1997; Fusco Girard e Nijkamp, 2004).

### **17. L'approvvigionamento energetico in Italia**

L'Italia nonostante un incremento economico dello 0,1% nel 2005, ha consumato l'1% di energia in più rispetto al 2004, evidenziando che, anche in presenza di ristagno economico, i consumi energetici sono in aumento. Questo rappresenta una carenza di regolamentazione del rapporto tra economia ed energia, con relativi danni per l'ambiente e l'economia stessa. L'Italia infatti, pur risultando tra i paesi "industrializzati", è fortemente dipendente dalle importazioni di combustibili fossili. Ciò comporta delle conseguenze relative al rispetto degli impegni presi con la ratifica del protocollo di Kyoto, riguardo la riduzione delle emissioni climalteranti e dell'uso dei combustibili fossili, petrolio in particolare, che rappresentano un problema in una situazione di mercato internazionale con una domanda crescente. Tali questioni impongono al paese di cambiare il proprio modello energetico considerando anche i tempi ormai limitati per la salvaguardia del clima (Degli Espinosa, 2006).

Il problema climatico appare evidente da un'intensificazione dei fenomeni "estremi" dovuti probabilmente al riscaldamento globale. È necessario, pertanto, applicare tecnologie che garantiscano l'uso di energia da fonti rinnovabili, riducendo, contemporaneamente, l'utilizzo di combustibili fossili, nonché limitando i consumi di risorse in generale. Un aspetto in controtendenza è l'aumento dell'uso di carbone, previsto dai piani Enel, in sostituzione del petrolio. Questa conversione, tuttavia, non risolve la dipendenza da combustibili fossili ed, allo stesso tempo, incrementa l'emissione dei gas ad effetto serra. Il paese ha,

quindi, difficoltà ad allontanarsi dal modello tradizionale di approvvigionamento energetico ed i contributi delle fonti rinnovabili, al momento, dipendono fortemente dalle “fonti storiche” quali idroelettrico e geotermoelettrico.

Nelle dinamiche europee, tuttavia anche l'Italia ha l'obbligo di adeguarsi alle direttive in merito all'efficienza energetica ed alla produzione di energia da fonti rinnovabili. La scelta di imitare il modello tedesco scaturisce dall'analisi dei risultati raggiunti con l'emanazione della normativa Eeg (cfr. § 2). Il disegno di legge italiano ha ripreso, solo in parte, l'approccio tedesco, orientandolo, in maniera specifica, alla promozione del fotovoltaico.

A partire dal 2001 è stato promosso il programma dei 10.000 tetti fotovoltaici, che non ha raggiunto, però, i risultati sperati, nonostante il notevole budget stanziato (circa 80 milioni di euro). Il rilancio della tecnologia solare si è avuto nel 2005, con il recepimento della direttiva europea sulla produzione di elettricità verde e l'introduzione del “conto energia”, simile alle tariffe incentivanti previste dalla normativa tedesca. Il governo italiano ha attuato un piano di incentivi, per favorire la realizzazione di impianti fotovoltaici “domestici”, condominiali o industriali, che consente di scambiare o vendere, alle società elettriche, l'energia prodotta dal proprio impianto fotovoltaico: il cosiddetto decreto sul conto energia che, sul medio-lungo periodo, permette di evitare i costi dovuti ai consumi elettrici e di guadagnare dalla vendita di produzione in eccesso.

### ***17.1. I costi delle fonti energetiche rinnovabili***

Un'analisi completa dei costi dell'energia prodotta dalle varie fonti deve tenere in considerazione tutte le voci che intervengono nell'arco dell'intero ciclo di vita dei sistemi, relative, cioè all'estrazione delle materie prime, al loro trattamento industriale, alla messa in opera degli impianti, alla loro manutenzione, alla generazione di energia, alla distribuzione ed utilizzazione, alla dismissione degli impianti ed allo smaltimento finale del materiale di scarto.

Questi costi possono essere suddivisi in due categorie principali, costi diretti e costi indiretti. I costi diretti sono costituiti da tutte quelle voci che concorrono alla definizione del prezzo finale che l'utente paga per l'energia di cui viene rifornito.

In un'ottica di "generazione distribuita" dell'elettricità, quale quella in cui si inseriscono le strategie di diffusione del fotovoltaico, il soggetto maggiormente interessato pare essere, al momento, l'utente privato, piuttosto che l'insieme delle aziende elettriche. Quindi, il dato su cui focalizzare l'attenzione è il prezzo finale che l'utente paga per l'energia elettrica consumata. Mentre nelle valutazioni tecnico-economiche sulla fattibilità degli impianti fotovoltaici conviene, paragonare il costo dell'energia fotovoltaica con il valore economico dell'energia convenzionale che si va a sostituire o integrare.

Il prezzo al cliente del kWh elettrico dipende da molteplici fattori, quali il tipo di contratto stipulato, la tipologia dell'allacciamento alla rete, la potenza impegnata, l'entità e l'andamento dei consumi. Prescindendo da un'analisi specifica, a titolo indicativo, in Italia il prezzo all'utente dell'energia elettrica varia in linea di massima tra 0,05 e 0,2 €/kWh; per le utenze domestiche, si attesta intorno a 0,18 €/kWh. Bisogna, però, distinguere tra i costi di realizzazione dell'impianto e quelli di gestione durante il suo ciclo di operatività. Quest'ultima categoria di costo risulta scarsamente influente, essendo le necessità di manutenzione dei sistemi fotovoltaici molto limitate. La ricerca relativa alla tecnologia fotovoltaica, progredisce rapidamente con riflessi positivi anche sui costi della stessa.

I costi indiretti, invece, sfuggono ad analisi economiche di tipo tradizionale, in quanto non vengono attribuiti al processo di generazione, distribuzione e consumo dell'energia ma gravano, genericamente, sulla comunità. Si tratta, dunque, di costi difficilmente monetizzabili con precisione e, comunque, reali, dovuti principalmente agli effetti dannosi sull'ecosistema, sulla salute pubblica, sulla qualità della vita e sull'economia locale, provocati dalle attuali tecnologie convenzionali di generazione dell'energia elettrica.

Per maggior precisione, i costi indiretti, possono essere suddivisi in: costi ambientali, dovuti al consumo ed al deterioramento delle risorse naturali e costi sociali, relativi a danni e svantaggi che, più o meno direttamente, gravano sulla popolazione, in particolare sulla salute, sulla sfera occupazionale e sulla bilancia dei pagamenti.

La produzione di energia ottenuta dall'impianto si stima considerando la sua vita utile e, quindi, almeno per il periodo in cui i moduli sono coperti da garanzia (solitamente 25 anni). La quantità di elettricità prodotta è strettamente correlata alla disponibilità di radiazione solare, perciò, a parità di spese di installazione, possono corrispondere costi dell'energia anche molto differenti tra loro, a seconda della qualità solare del sito in cui avviene la realizzazione.

Nell'analisi finanziaria ed economica il costo dell'investimento iniziale effettuato per la realizzazione dell'impianto rappresenta la voce fondamentale. I costi di realizzazione sono relativi ai componenti fotovoltaici (i moduli) ed alle altre apparecchiature (Bos).

Per i moduli si fa riferimento a quelli più utilizzati (al silicio cristallino o amorfo) considerando un costo oscillante tra 3.000 e 4.000 per kWp, a seconda della qualità del prodotto e dell'azienda produttrice). Le spese relative al Bos sono genericamente sintetizzate nella tabella 4.

Sulla base di questi dati si può considerare che, rispetto al totale delle spese di installazione relative ad un impianto fotovoltaico, il costo dei soli moduli può oscillare tra il 40-70%, a seconda delle dimensioni del sistema e della sua architettura impiantistica. I costi relativi alla progettazione ed alla manodopera sono vincolati alla tipologia ed alla dimensione dell'installazione.

I costi complessivi dei sistemi fotovoltaici si possono stimare intorno ai circa 10.000-14.000 €/kWp per unità di alimentazione di piccole utenze isolate, ai 7.000-9.000 €/kWp per piccoli impianti connettabili alla rete e più o meno integrati negli edifici, ai 6.000-8.000 €/kWp per unità produttive di media taglia e 5.000-6.000 €/kWp per le grandi centrali (Aste, 2006; Bartolazzi, 2006).

**Tabella 17 – Voci di spesa per un impianto fotovoltaico**

<b>Voce di spesa</b>	<b>Costo medio</b>
Area necessaria e strutture di sostegno per l'impianto	I costi non possono essere generalizzati variando di caso in caso
Cavi elettrici	600 €/kWp
Quadri elettrici BE e MT	1.000 € (per impianti fino a 6 kWp)
Inverter c.c./c.a. dotati di dispositivo per l'inseguimento del punto di massima potenza	400-700 €/kWp
Batterie di accumulo	100-150 €/kWp
Regolatori di carica	100 €/kWp (minimo 300€)

Fonte: Aste, 2006

È generalmente opinione diffusa, nonostante qualche scetticismo, che i costi di gestione e manutenzione dei sistemi fotovoltaici siano contenuti ed anzi, si dimostrano irrisori e si stimano, all'incirca, all'1% annuo del costo totale dell'impianto<sup>45</sup>.

Il funzionamento degli impianti fotovoltaici non comporta l'immissione nell'atmosfera di sostanze inquinanti, né produzione di rumore, vi sono, tuttavia, impatti sull'ambiente che derivano dalle emissioni nocive relative ai processi produttivi.

L'impatto ambientale, considerato soprattutto in termini di produzione di gas ad effetto serra è legato, in particolare, alla lavorazione industriale del silicio e degli altri semiconduttori impiegati. Gli effetti nocivi risultano, comunque, limitati, soprattutto se messi a confronto con quelli causati dalle fonti convenzionali (tab. 5).

Se il paragone viene fatto sulla base delle emissioni associate, i dati possono essere quantificati identificando il rapporto esistente tra sostanze inquinanti emesse, come anidride carbonica, metano, ossido di carbonio e altre, tutte rapportate alla grandezza omogenea di CO<sub>2</sub> equivalente, ed energia elettrica prodotta (kg CO<sub>2</sub>/kWh).

45. Tale dato, tuttavia, appare generico e non tiene conto delle possibili economie di scala legate alle dimensioni dei sistemi. Analisi su casi effettivi hanno dimostrato che la spesa relativa può essere contenuta entro limiti molto ridotti, che vanno dagli 0,002 €/kWh delle grandi centrali agli 0,025 €/kWh delle piccole utenze isolate.

**Tabella 18 – Emissioni derivanti da differenti tecnologie di generazione elettrica**

<b>Tecnologia energetica</b>	<b>Emissioni (kg CO<sub>2</sub>/kWh elettrico)</b>
Termoelettrico da carbone	0,7-1
Termoelettrico da gas	0,7
Nucleare	0,008 (senza considerare lo smaltimento delle scorie)
Fotovoltaico	0,005-0,04

Fonte: Aste, 2006

Non si può, tuttavia, prescindere dallo specifico contesto applicativo e dalle condizioni che lo caratterizzano, come ad esempio le modalità di trattamento della materia prima, la fabbricazione delle celle, il quantitativo di materiale necessario per produrre i dispositivi, l'efficienza dei moduli, il contesto climatico di inserimento alla tipologia e tecnologia edilizia adottate per l'installazione.

Il confronto tra emissioni, misurate in anidride carbonica equivalente, imputabili all'energia ottenuta da centrali termoelettriche e nucleari, e quelle dovute all'energia fotovoltaica, chiarisce, comunque, le effettive influenze delle diverse fonti sull'impatto ambientale. Un ulteriore parametro, atto a qualificare la performance energetico-ambientale del fotovoltaico, può essere individuato nel cosiddetto *energy pay back time*, e cioè nel periodo necessario affinché un modulo produca un quantitativo di energia uguale a quello necessario per fabbricarlo.

**Tabella 19 – Energy Pay back time per differenti tipi di moduli fotovoltaici**

<b>Tipologia di semiconduttore</b>	<b>Pay back time (anni)</b>
Silicio cristallino	3,3
Silicio amorfo	2-3
Diseleniuro di indio e rame	1,3-1,8
Telluriuro di cadmio	0,5-0,9

Fonte: Aste, 2006

La tabella 6 rappresenta una comparazione dell'energy pay back time di differenti moduli fotovoltaici, a seconda delle diverse tipologie di semiconduttori utilizzate. È evidente che il dispendio energetico iniziale viene recuperato rapidamente e, per il restante arco temporale della sua vita utile, il modulo fotovoltaico continua ad alimentare il saldo positivo in termini di elettricità.

Le difficoltà della diffusione sul mercato della tecnologia fotovoltaica sono relative alla distanza tra il costo attuale degli impianti e la competitività rispetto alle fonti convenzionali. Per ridurre tale divario è opportuno investire nella ricerca ed individuare un'efficace strategia economica, in grado di coinvolgere enti pubblici, produttori e possibili utenti. Un'offerta più competitiva, infatti, provocherebbe un aumento della domanda da parte dei privati, che, a sua volta, permetterebbe livelli di produzione più elevati e quindi economie di scala che continuerebbero ad abbassare i prezzi. È, pertanto, necessario innescare un processo, che porti alla diffusione, sempre più ampia, dei sistemi fotovoltaici, allo scopo di raggiungere dei prezzi concorrenziali, o, almeno, confrontabili, rispetto alle fonti energetiche tradizionali. Gli obiettivi da perseguire sono sicuramente:

- il miglioramento delle prestazioni dei componenti;
- l'aumento della durata di vita degli impianti;
- la produzione di massa;
- la messa a punto di tecniche produttive più economiche.

Dalla seconda metà degli anni ottanta, il mercato globale del fotovoltaico è cresciuto ad un ritmo pressoché costante, pari a circa il 15% annuo, con un ulteriore aumento nel biennio 1996-1997, in cui si è raggiunto il livello record del 40%. Tale sviluppo ha avuto ottime ripercussioni sui costi, provocando una riduzione annua media del prezzo dei moduli fotovoltaici del 6% (Aste, 2006).

Nel 2000 sono stati prodotti, a scala mondiale, 288 MWp di moduli fotovoltaici, dei quali il 45% in Giappone, il 26% negli Stati Uniti e il 21% in Europa, mentre nel 2003 se ne sono prodotti 750 MWp dei quali il 49% in Giappone, il 15% negli Stati Uniti e il 26% in Europa. Secondo uno studio della Comunità Europea, negli ultimi 15 anni, i

prezzi del fotovoltaico si sono ridotti di circa un terzo del valore iniziale. Ciò lascia prevedere che, entro il 2030, il costo dell'energia elettrica solare potrà scendere sotto la soglia di competitività, attestandosi su di un valore di 0,05-0,12 €/kWh (Aste, 2006).

Il sostegno finanziario alla ricerca ed allo sviluppo rappresenta una delle priorità più impellenti per il fotovoltaico pertanto è indispensabile un consistente intervento delle istituzioni e degli enti locali.

In una prima fase, le strategie adottate nella Comunità Europea sono state rappresentate soprattutto da diversi programmi di finanziamento per la ricerca e per la realizzazione di impianti di vario tipo (Joule, Thermie, Save ed Altener). In seguito a tali programmi si sono individuati ulteriori strumenti per la promozione del fotovoltaico tra cui sgravi fiscali, contributi in conto capitale, finanziamenti di varia natura, tariffe incentivate per l'elettricità prodotta da fonte fotovoltaica.

Per lanciare il mercato del fotovoltaico in Italia, l'obiettivo primario è stato, innanzitutto, quello di renderlo appetibile all'utenza privata. A questo scopo si è stimato che fosse necessario istituire un finanziamento pubblico a fondo perduto pari all'incirca al 70-75%, ovvero conto capitale (cfr. parte II, § 3.3.) delle spese relative alla realizzazione, in abbinamento con un rapporto di scambio alla pari tra l'elettricità prodotta da fonte solare e immessa nella rete e quella prelevata da essa. Queste condizioni hanno costituito le premesse su cui è stato organizzato in Italia il Programma tetti fotovoltaici, avviato alla fine del 2000, nell'ambito di una più ampia strategia a livello comunitario per il decollo delle fonti rinnovabili, in cui, il fotovoltaico, ha un ruolo di primaria importanza.

L'utente, non riceve direttamente la somma di denaro ma a fine anno, a conguaglio, la quota dovuta per l'immissione gli viene detratta dalla bolletta. Qualora il saldo dovesse essere ancora a favore dell'utente, il surplus sarà considerato nei conteggi relativi all'anno successivo. Il Programma, infatti, non è strutturato affinché il fotovoltaico possa costituire una forma di guadagno diretto, ma piuttosto perché non si riveli un investimento in perdita per chi lo applica.

All'iniziativa sono ammessi impianti con potenza compresa tra 1 e 20 kWp, con il vincolo che, l'energia producibile annualmente da ciascun impianto, sia inferiore al consumo energetico medio annuo del relativo proprietario, in linea con la strategia del *net-metering*, ovvero scambio sul posto.

Il costo massimo ammissibile per unità di potenza e, cioè, il massimo costo d'investimento riconosciuto per kWp installato ai fini del finanziamento, è stato stabilito di volta in volta nei vari bandi, sulla base dell'andamento dei costi registrato nell'anno precedente a diversi livelli (internazionale, europeo e nazionale), così da poter influire sul prevedibile abbattimento dei costi degli impianti e, conseguentemente, sul costo dell'energia da essi prodotta. Tale valore è compreso, generalmente, tra i 7.000 e gli 8.000 €/kWp.

Gli incentivi economici, stanziati congiuntamente dal Ministero dell'Ambiente e dalle regioni, vengono erogati da quest'ultime tramite bandi locali, pubblicati in tornate successive, eccezion fatta per i primi 2 bandi nazionali, che sono stati gestiti direttamente dal Ministero. I soggetti beneficiari vengono individuati attraverso la redazione di apposite graduatorie, regolate da meccanismi di selezione differenti, decisi dalla Regione responsabile (ordine di presentazione della domanda, sorteggio, riduzione del finanziamento richiesto).

Il meccanismo del conto capitale ha rappresentato il primo, imprescindibile, passo per l'avvio di un concreto mercato del fotovoltaico, in grado di stimolare fasce di utenti che, sentendosi garantiti dal punto di vista economico, si avvicinano più volentieri alla nuova tecnologia. Per l'Italia, il mercato è stato governato quasi completamente dall'incentivo pubblico e, inoltre, l'attenzione dell'utente dell'impianto fotovoltaico, stimolata più dal suo costo e dal contributo associato, che dalla sua produttività. Le scelte progettuali e gestionali rischiano quindi di essere scarsamente improntate dalla reale efficienza dei sistemi adottati, cosicché non è automatico che vengano privilegiate le migliori soluzioni tecnico-funzionali.

Poiché il vantaggio economico conseguibile nel tempo dal *net-metering* si dimostra di proporzioni limitate rispetto all'entità

dell'investimento (e del finanziamento) iniziale, potrebbe verificarsi un progressivo disinteresse dell'utente nei confronti dell'impianto.

Considerato che le forme di incentivo descritte in precedenza, non si sono mostrate efficaci, è stato introdotto il "conto energia", meccanismo di incentivazione che premia la produzione dell'elettricità solare.

### ***17.2. Le nuove tariffe incentivanti per il fotovoltaico***

Il nuovo decreto sul conto energia, presentato nella finanziaria 2007, concede la possibilità di ricevere l'incentivo dopo l'allaccio dell'impianto alla rete, direttamente dal comune senza la necessità di far richiesta al Gestore della rete di trasmissione nazionale (Gse) ed aspettare l'eventuale approvazione della domanda. Prevede, inoltre, un ulteriore riconoscimento per gli utenti che si dimostrano virtuosi dal punto di vista dei consumi energetici: chi ridurrà la domanda di energia elettrica del 10% rispetto agli anni precedenti, si vedrà riconoscere un vantaggio nella tariffa. È, pertanto, evidente una sostanziale integrazione tra risparmio energetico e promozione delle fonti rinnovabili.

Le tariffe incentivanti italiane per il fotovoltaico hanno, come modello, quelle tedesche. In Germania l'incentivo al fotovoltaico è elevato, se confrontata con le altre fonti rinnovabili, per la bassa efficienza delle celle solari e per la posizione geografica non adeguatamente favorevole all'irraggiamento. In Italia l'incentivo al fotovoltaico, oltre a promuovere lo sviluppo della ricerca relativa al miglioramento del suo potenziale, è volto ad una maggiore diffusione capillare della produzione di elettricità da rinnovabili a scala micro, basandosi sulla disponibilità della risorsa sole. Il tentativo è anche quello di aumentare la consapevolezza dei cittadini riguardo all'investimento nel risparmio energetico e nelle fonti rinnovabili che può essere vantaggioso sia per la dimensione socio-economica che ecologica.

Tuttavia, nonostante il boom delle domande per l'installazione del fotovoltaico nel 2006, esistono ancora perplessità diffuse sull'effettiva convenienza di tale fonte energetica per la produzione di elettricità. L'obiettivo europeo, di incrementare la produzione da fonti rinnovabili, vede l'Italia comunque coinvolta nel rispetto degli impegni presi. Un'esatta valutazione economico-finanziaria dell'applicazione delle tecnologie da fotovoltaico e la loro possibile e corretta integrazione nell'architettura, residenziale e non, diventa un aspetto essenziale per la politica italiana e per una diffusa ed efficiente promozione ed attivazione.

La normativa stabilisce i criteri e le modalità per incentivare<sup>46</sup> la produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo n. 387 del 29 dicembre 2003. L'articolo 2 del decreto definisce il significato di impianto fotovoltaico volto alla "produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della radiazione solare, tramite l'effetto fotovoltaico: esso è composto principalmente da un insieme di moduli fotovoltaici, uno o più gruppi di conversione della corrente continua in corrente alternata ed altri componenti elettrici minori".

L'impianto fotovoltaico viene specificato in tre tipologie (art. 2):

- non integrato, è l'impianto con moduli ubicati al suolo, ovvero con moduli collocati, con modalità diverse dalle tipologie di cui agli allegati 2 e 3 (tab. 7), sugli elementi di arredo urbano e viario, sulle superfici esterne degli involucri di edifici, di fabbricati e strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione;
- parzialmente integrato è l'impianto i cui moduli sono posizionati, secondo le tipologie elencate in allegato 2, su elementi di arredo urbano e viario, superfici esterne degli involucri di edifici, fabbricati, strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione;

46. Con propri provvedimenti l'Autorità per l'energia elettrica e il gas determina le modalità con le quali le risorse per l'erogazione delle tariffe incentivanti di cui all'articolo 6 e del premio di cui all'articolo 7, nonché per la gestione delle attività previste dal presente decreto, trovano copertura nel gettito della componente tariffaria A3 delle tariffe dell'energia elettrica (art. 10, comma 2).

- integrato (integrazione architettonica) i cui moduli sono integrati, secondo le tipologie elencate in allegato 3, in elementi di arredo urbano e viario, superfici esterne degli involucri di edifici, fabbricati, strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione.

Possono beneficiare delle tariffe incentivanti le persone fisiche, le persone giuridiche, i soggetti pubblici, i condomini di unità abitative e/o di edifici. Gli impianti devono essere collegati alla rete elettrica o a piccole reti isolate e la loro potenza nominale non deve essere inferiore ad 1 kWp.

Inoltre, nel caso di impianti destinati ad alimentare, anche parzialmente, utenze ubicate all'interno o comunque asservite ad unità immobiliari o edifici (articolo 2, comma 1, del decreto legislativo n. 192, 19 agosto 2005, e successive modificazioni e integrazioni), il diritto alle tariffe incentivanti è subordinato alla preventiva *certificazione energetica* dell'edificio secondo le modalità espresse nel medesimo decreto. La certificazione energetica comprende anche l'indicazione di possibili interventi migliorativi delle prestazioni energetiche dell'edificio o dell'unità immobiliare, a seguito della loro eventuale realizzazione (art. 3, comma 2).

Gli impianti fotovoltaici, di potenza non superiore a 20 kWp, vengono considerati non industriali e, conseguentemente, non sono soggetti all'autorizzazione ambientale<sup>47</sup> tranne se ubicati in aree protette, ovvero ricadenti in o sui beni paesaggistici (art. 5, comma 8).

Nel caso di impianti di potenza nominale non inferiore a 1 kWp e non superiore a 20 kWp, il soggetto può decidere se avvalersi o meno del servizio di "scambio sul posto" per l'energia elettrica prodotta, come previsto anche nel precedente conto energia (cfr. parte II, § 3.3.).

Con il termine "scambio sul posto" si intende il servizio erogato dall'impresa distributrice competente, nell'ambito territoriale in cui è ubicato l'impianto, che consiste nell'operare un saldo annuo tra l'energia elettrica immessa in rete, dall'impianto medesimo, e quella prelevata dalla rete stessa.

47. Come da decreto del Presidente della Repubblica 12 aprile 1996 e successiva modifica ed integrazione dal decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 3 settembre 1999.

**Tabella 20 – Allegati 2 e 3 alla normativa sul “conto energia”**

<b>Allegato 2</b>	
Tipologia specifica 1	Moduli fotovoltaici installati sulle terrazze di edifici e fabbricati, che risultino di quota massima, misurata dal piano delle terrazze medesime, non superiore all'altezza minima della balaustra perimetrale.
Tipologia specifica 2	Moduli fotovoltaici installati su tetti, coperture, facciate, balaustre o parapetti di edifici e fabbricati in modo complanare alla superficie di appoggio senza la sostituzione dei materiali che costituiscono le superfici d'appoggio stesse.
Tipologia specifica 3	Moduli fotovoltaici installati su elementi di arredo urbano, barriere acustiche, pensiline, pergole e tettoie in modo complanare alla superficie di appoggio senza la sostituzione dei materiali che costituiscono le superfici d'appoggio stesse.
<b>Allegato 3</b>	
Tipologia specifica 1	Sostituzione dei materiali di rivestimento di tetti, coperture, facciate di edifici e fabbricati con moduli fotovoltaici aventi la medesima inclinazione e funzionalità architettonica della superficie rivestita
Tipologia specifica 2	Pensiline, pergole e tettoie in cui la struttura di copertura sia costituita dai moduli fotovoltaici e dai relativi sistemi di supporto
Tipologia specifica 3	Porzioni della copertura di edifici in cui i moduli fotovoltaici sostituiscano il materiale trasparente o semitrasparente atto a permettere l'illuminamento naturale di uno o più vani interni
Tipologia specifica 4	Barriere acustiche in cui parte dei pannelli fonoassorbenti siano sostituiti da moduli fotovoltaici
Tipologia specifica 5	Elementi di illuminazione in cui la superficie esposta alla radiazione solare degli elementi riflettenti sia costituita da moduli fotovoltaici
Tipologia specifica 6	Frangisole i cui elementi strutturali siano costituiti dai moduli fotovoltaici e dai relativi sistemi di supporto
Tipologia specifica 7	Balaustre e parapetti in cui i moduli fotovoltaici sostituiscano gli elementi di rivestimento e copertura
Tipologia specifica 8	Finestre in cui i moduli fotovoltaici sostituiscano o integrino le superfici vetrate delle finestre stesse
Tipologia specifica 9	Persiane in cui i moduli fotovoltaici costituiscano gli elementi strutturali delle persiane

Fonte: finanziaria 2007: conto energia

È possibile avvalersi dello scambio sul posto solo se, il punto di immissione e di prelievo dell'energia elettrica scambiata con la rete, coincidono. Detto servizio sul posto consente, ad un cliente, di utilizzare i servizi di rete per “immagazzinare” l'energia elettrica immessa quando non ci sono necessità di consumo e di prelevarla quando serve. Lo scambio sul posto comporta, pertanto, il venir meno del costo di acquisto dell'energia elettrica per una quantità pari a quella prodotta dall'impianto (sia la quota auto-consumata immediatamente sia la quota immessa in rete e ri-prelevata successivamente). Lo

scambio sul posto è una formula alternativa alla vendita diretta di energia elettrica. L'energia elettrica immessa in rete e non consumata nell'anno di riferimento costituisce un credito, in termini di energia, ma non in termini economici, che può essere utilizzato nel corso dei tre anni successivi a quello in cui matura. Al termine dei tre anni successivi, l'eventuale credito residuo viene annullato. Tale quantità di energia elettrica immessa in rete, e mai consumata, non può essere pagata (cioè "incentivata") poiché nell'ambito della disciplina dello scambio sul posto non è consentita la vendita.

Lo scambio sul posto presenta vantaggi qualora, su base triennale, il consumo di energia elettrica risulti mediamente pari o superiore alla produzione. In caso contrario sarebbe consigliabile scegliere, anziché lo scambio sul posto, la vendita di energia elettrica.

L'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici, realizzati in conformità al presente decreto, ed entrati in esercizio nel periodo intercorrente tra la data di emanazione del provvedimento ed il 31 dicembre 2007, ha diritto ad una tariffa incentivante (tab. 8) per un periodo di 20 anni.

Gli impianti entrati in esercizio dal 1 gennaio 2008 beneficeranno, fino al 31 dicembre 2010, delle medesime tariffe decurtate del 2% annuo per 20 anni<sup>48</sup>. Va evidenziato l'incremento del 10% per gli utenti con impianti non superiori a 3 kWh che adottano il regime di scambio sul posto, il cui soggetto responsabile è una persona fisica.

Gli impianti fotovoltaici operanti in regime di scambio sul posto, che accedono alle tariffe incentivanti relative ad unità o edifici per abitazioni (art. 3, comma 2), possono beneficiare di un premio aggiuntivo qualora, successivamente alla data di entrata in esercizio dell'impianto fotovoltaico, il soggetto responsabile esegua interventi tra

48. A decorrere dal 2009, con successivi decreti del Ministro dello sviluppo economico di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, d'intesa con la Conferenza unificata, da emanare con cadenza biennale a decorrere dal 2009, verranno ridefinite le tariffe incentivanti per gli impianti che entrano in esercizio negli anni successivi al 2010, tenendo conto dell'andamento dei prezzi dei prodotti energetici e dei componenti per gli impianti fotovoltaici. In assenza dei predetti decreti continueranno ad applicarsi, per gli anni successivi al 2010, le tariffe fissate dal presente decreto per gli impianti che entrano in esercizio nell'anno 2010.

quelli individuati nella certificazione energetica. La riduzione, in seguito a detti interventi, deve essere di almeno il 10% del fabbisogno di energia primaria di calcolo dell'edificio o unità immobiliare, rispetto al medesimo fabbisogno, al netto dei miglioramenti conseguenti l'installazione dell'impianto fotovoltaico, come individuato nella certificazione energetica o nell'attestato di qualificazione energetica. La premialità viene riconosciuta a decorrere dall'anno solare successivo alla data di ricevimento della domanda. Essa consiste in una maggiorazione percentuale, della tariffa riconosciuta, in misura pari alla metà della percentuale di riduzione del fabbisogno di energia primaria conseguita e dimostrata.

**Tabella 21 – Tariffe incentivanti previste dal conto energia**

<b>Impianto fotovoltaico scala micro</b>					
<b>Regime</b>	<b>Potenza</b>	<b>Non integrati (€/kWh)</b>	<b>Parzialmente integrati (€/kWh)</b>	<b>Integrati (€/kWh)</b>	<b>Incompatibilità altri incentivi</b>
<b>Impianti non operanti in regime di scambio sul posto</b>	1-20 kW non industriali	0,30	0,38	0,42	Conto capitale > 20% importo totale Certificati verdi
	<b>Impianti operanti in regime di scambio sul posto 1-20 kW</b>	1-20 kW	0,36	0,38	0,42
	Fino a 3 kW	0,36 + 10%	0,38 + 10%	0,42 + 10%	Conto capitale > 20% importo totale Certificati verdi

Fonte: rielaborazione conto energia, finanziaria 2007

La maggiorazione non può comunque eccedere il 30% della tariffa incentivante riconosciuta alla data di entrata in esercizio dell'impianto fotovoltaico. La tariffa incentivante maggiorata viene riconosciuta per l'intero periodo residuo di diritto alla tariffa stessa. Anche per l'esecuzione di nuovi interventi, che conseguano una riduzione di almeno il 10% del fabbisogno di energia primaria, di calcolo dell'edificio o unità immobiliare, rispetto al fabbisogno medesimo

anteriore ai nuovi interventi, è prevista la stessa premialità con le identiche modalità di erogazione<sup>49</sup>.

Per il periodo successivo ai 20 anni di tariffe incentivanti, per gli impianti che hanno scelto di operare in regime di scambio sul posto, si continuerà ad applicare la stessa disciplina. Per gli altri, l'energia elettrica prodotta ed immessa in rete verrà ritirata con le modalità ed alle condizioni fissate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas.

Va inoltre specificato che le tariffe incentivanti non sono applicabili all'elettricità prodotta da impianti fotovoltaici, che hanno beneficiato di incentivi pubblici di natura nazionale, locale o comunitaria, in conto capitale e/o in conto interessi, con capitalizzazione anticipata, eccedenti il 20% del costo dell'investimento, né con i certificati verdi.

Le tariffe incentivanti previste per il fotovoltaico, nonché il necessario legame con la normativa relativa all'efficienza energetica, soprattutto in materia di edilizia residenziale, mostrano la linea di condotta che il governo italiano intende seguire per ottemperare agli impegni presi con il protocollo di Kyoto, cercando, contemporaneamente, di ridurre la dipendenza dall'estero per l'approvvigionamento energetico e migliorare la sensibilità dei cittadini verso un uso, diretto ed indiretto, più efficace ed efficiente, delle risorse ambientali, stimolando anche una maggiore consapevolezza verso il valore intrinseco delle stesse.

L'obiettivo è pertanto quello di verificare, alla scala micro, la convenienza economico-finanziaria di un impianto fotovoltaico, considerato gli incentivi e le regole dettate dal conto energia, a partire da un'analisi finanziaria ed economica sia del periodo incentivato (20 anni), sia di un arco temporale più lungo, legato alle attuali prospettive di durata di un impianto (30-40 anni).

Altro aspetto considerato è stato la determinazione del tasso di sconto adoperato per le analisi, che, seppure apparentemente poco

49. La cessione congiunta dell'edificio o unità immobiliare e dell'impianto fotovoltaico, che ha diritto al premio, comporta la contestuale cessione del diritto alla tariffa incentivante ed al premio per il residuo periodo di diritto; mentre la cessione disgiunta dell'edificio o unità immobiliare e dell'impianto fotovoltaico comporta la decadenza dal diritto alla tariffa incentivante e al premio per il residuo periodo di diritto.

significativo, dato il periodo preso in esame<sup>50</sup> e la scala dell'impianto, può assumere importanza rilevante se confrontato ad una scala macro ed inserito nella discussione relativa ai cambiamenti climatici.

La divulgazione del fotovoltaico a scala micro permette un'ampia diffusione di sistemi in grado di produrre energia "pulita", evitando emissioni inquinanti in atmosfera, con i conseguenti rischi di malattie e danni causati dai cambiamenti climatici all'ecosistema. Contemporaneamente esso può consentire, al paese, di avvicinarsi agli obiettivi fissati dal protocollo di Kyoto e dalle direttive europee e fornire nuovi "spunti" per un'inversione di tendenza nel settore economico che, a partire dalle considerazioni del "modello tedesco", può provocare effetti indotti positivi in diversi settori (produzione di energia, edilizia, ricerca ed industrie legate alle nuove tecnologie, ma anche turismo, mobilità, ecc.).

La micro-scala, possibile per il fotovoltaico, ma in alcuni casi anche per l'eolico, si declina in maniera adeguata nel settore edile, permettendo un'integrazione sia con gli elementi architettonici che con altri sistemi legati al risparmio energetico ed alle rinnovabili a scala di edificio, di quartiere e urbana.

Un problema irrisolto resta la "valutazione" dell'impianto integrato non soltanto nell'edificio, ma anche nel contesto territoriale. La micro scala potrebbe comportare un incontrollato montaggio dei sistemi (come ad esempio per le antenne) deturpando l'edificio ed anche il paesaggio in cui viene inserito, visto che, in mancanza di specifici vincoli, non è prevista alcuna forma di valutazione. La valutazione del singolo impianto può avere dei "limiti" relativi, soprattutto, alla dimensione "qualitativa" di molteplici elementi del contesto territoriale. Tuttavia, il percorso di ricerca, prevede delle differenti analisi con lo scopo di verificare la validità dell'applicazione delle fonti energetiche rinnovabili, e del fotovoltaico in particolare, nel rispetto delle diverse dimensioni dello sviluppo sostenibile. L'analisi economico-finanziaria è volta a dimostrare la convenienza del sistema fotovoltaico tenendo conto delle caratteristiche proprie, dei vincoli territoriali, della

50. Il riferimento è all'utilizzo del tasso di sconto negativo, cfr. §§ 4, 4.1. e 4.2.

normativa imposta ed anche dei differenti tassi di sconto ed incentivi applicati, soprattutto in riferimento alla questione rilevante dei cambiamenti climatici.

Pertanto l'analisi condotta parte dal fotovoltaico a scala micro: un impianto da 3 kWp installato in un'area del centro sud Italia con una produzione annua, grazie all'irraggiamento, di circa 1.500 kWh. Per effettuare l'analisi economico finanziaria si è tenuto conto dell'attuale normativa prevista dalla finanziaria del 2007<sup>51</sup> e delle differenti modalità di incentivazione relative ai sistemi utilizzati per la costruzione degli impianti.

## **18. La convenienza dell'investimento: analisi finanziaria ed analisi economica**

Il concetto di sviluppo sostenibile implica che lo stesso può essere perseguito se si cerca di tener conto della dimensione economica, sociale e ambientale/ecologica, considerando, simultaneamente, gli obiettivi generali di efficienza economica, equità sociale e tutela ambientale. La sostenibilità economica presuppone che non è possibile pensare di realizzare interventi che finanziariamente non risultino fattibili.

È importante, quindi, determinare il progetto che risulti preferibile in termini di minori costi di investimento e massimizzazione dei rientri/ricavi nel tempo (analisi finanziaria).

I costi ed i rientri/ricavi degli operatori, pubblici e/o privati, coinvolti nella realizzazione e gestione del progetto, spesso, non esprimono gli impatti complessivi, in termini di benefici e costi che l'intervento dispiegherà sul contesto sociale nel quale viene inserito. Per tenere conto di dette esternalità è stata condotta un'analisi economica, che considera solo una parte dei costi e dei benefici per la collettività, prendendo ad esempio un impianto fotovoltaico a scala

51. L'analisi è stata impostata con le indicazioni del precedente decreto del "conto energia", tuttavia sono stati rimodulati i dati, considerando le nuove tariffe e modalità previste dalla finanziaria 2007.

micro. In particolare, la ricerca, fa riferimento alle emissioni di CO<sub>2</sub> climalteranti mentre, nell'analisi finanziaria, si considerano le tariffe incentivanti e le opzioni previste dalla normativa conto energia ed il costo dell'impianto forfetario.

L'analisi finanziaria (Af) è una delle procedure per confrontare gli input di qualunque programma/piano/progetto con i relativi output ed il criterio più comunemente usato nella valutazione dell'accettabilità di un intervento consiste nell'esplicitare il valore attualizzato dei ricavi netti derivanti dall'intervento stesso.

Il fotovoltaico, come tecnologia da fonte rinnovabile a scala micro, è stato oggetto sia di analisi finanziaria, sia economica, allo scopo di tener conto della "dimensione economica" della sostenibilità. Tale scelta mira ad esplicitare le implicazioni della normativa, verificando se l'uso del singolo impianto possa risultare un investimento conveniente. Tale tecnologia è, in apparenza, di semplice applicazione per la localizzazione, la realizzazione e l'attivazione, ma anche la più costosa. Allo stato attuale della ricerca è possibile ottenere solo una piccola percentuale del potenziale energetico solare. In Italia, nonostante varie forme di sussidio (incentivi in conto capitale, mutui agevolati) la loro applicazione ha stentato a decollare, fino alla promulgazione del conto energia. Il motivo è sicuramente dovuto alla scarsa informazione relativa alla tecnologia, ai costi di investimento e, soprattutto, ai relativi benefici e costi, anche esterni. Alla base della promozione delle rinnovabili, e del fotovoltaico in particolare, è stata necessaria una decisa scelta politica capace di delineare un indirizzo forte verso il quale orientare la collettività. In altri casi è stata la collettività ad orientare le scelte politiche (ad esempio in Germania). La valutazione, in quanto alla base di qualsiasi scelta, assume un ruolo fondamentale tale da definire la strategia da adottare nelle politiche energetiche volte alla produzione da fonti rinnovabili e maggiore efficienza energetica.

La valutazione può essere definita come l'insieme delle attività orientate all'adeguata organizzazione dell'informazione necessaria per la scelta, in modo da mettere ciascun attore del processo decisionale in grado di prendere la decisione più equilibrata possibile (Nijkamp et al.,

1990, Fusco Girard et al., 2002). Il primo step considerato è la valutazione del singolo impianto “familiare”. La scelta della micro scala è volta a verificarne la convenienza e la fattibilità economico-finanziaria per migliorarne la diffusione, dare la possibilità di un ampliamento/moltiplicazione della potenza ed un’aggregazione con altre fonti, a scala di condominio, di quartiere, urbano, in maniera tale da avere l’opportunità di prendere in considerazione altri effetti, che risultano trascurabili nel caso del singolo impianto.

La struttura della normativa ha reso necessaria un’impostazione dello schema di analisi finanziaria che tenga conto delle modalità di incentivo e delle sue diverse combinazioni della tipologia degli impianti. L’arco temporale considerato è stato di 20 anni, cioè la durata della tariffa incentivante, e di 40 anni, in quanto, secondo le statistiche, il massimo di vita utile del pannello fotovoltaico allo stato attuale della ricerca è di 30 anni, ma le previsioni lasciano immaginare che si vada oltre. I costi considerati sono relativi all’installazione dell’impianto, all’Iva, nell’analisi finanziaria, ed ai costi di manutenzione e costi esterni, in quella economica. I ricavi variano a seconda delle modalità di incentivo e della tipologia di impianto previsti dalla normativa. Nell’analisi effettuata considerando l’opportunità delle tariffe incentivanti, è stata anche valutata l’opportunità di fruire del regime di scambio sul posto, della vendita diretta e della possibile combinazione con un edificio a basso consumo energetico: casa passiva (cfr. parte II, § 5.3.). In un edificio le tipologie di impianto possono essere integrato, non integrato e parzialmente integrato. Pertanto, esaminate le voci enunciate, è stata redatta una tabella che analizza i ricavi ed i costi dell’impianto fotovoltaico da 3 kWp. I ricavi comprendono l’incentivo ed il costo evitato dell’energia. Per i costi, oltre all’impianto, sono state considerate la manutenzione e l’Iva. A titolo esemplificativo<sup>52</sup> vengono riportate due tabelle relative all’analisi condotta (tabb. 9-10 e figg. 3-4).

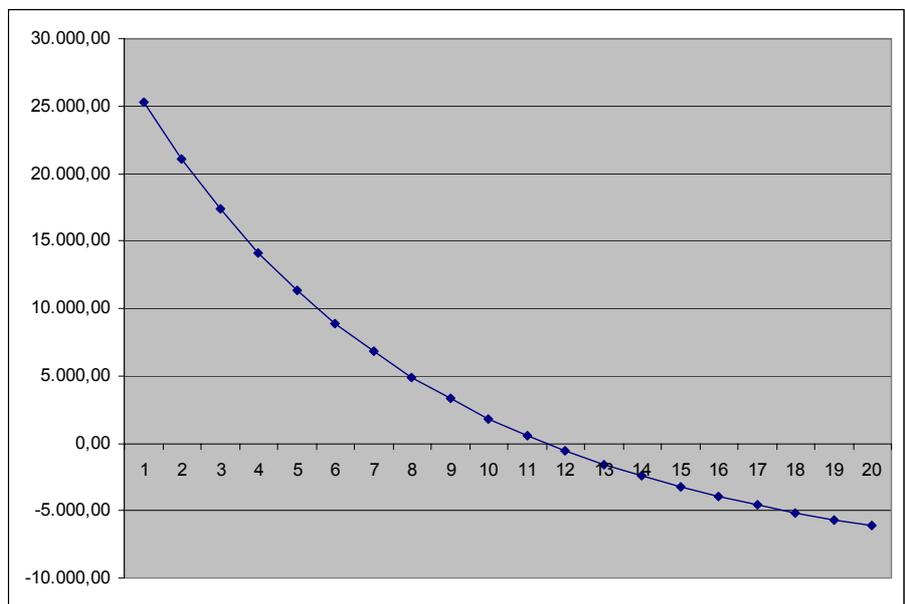
52. In allegato sono riportate le tabelle di analisi condotte tenendo conto delle diverse modalità previste dalla normativa del conto energia e delle altre possibili fonti di sussidio (conto capitale) o tipologie costruttive (casa passiva). Si è riportata solo l’analisi finanziaria ed economica, per il periodo di 20 e 40 anni, effettuata al tasso di sconto del 5%, ricordando che le stesse analisi sono state svolte anche al tasso del 3%, dello 0% ed al tasso negativo del -1%.

**Tabella 22 – Esempio di analisi finanziaria di un impianto fotovoltaico da 3kWp al tasso del 5%**

Anno	RICAVI				COSTI							
	Fatturato (da incentivo + prezzo vendita)	Costo evitato energia	Costo evitato CO2	TOTALE	Costo impianto	IVA (10%)	Manut. Ordinaria ed esercizio (1% costo impianto)	IVA (10%)	Altri costi (Costi manutenz. esterni PV)	TOTALE	R-C	VAN
1	2.079,00	810,00		2.889,00	21000,00	2100,00		0,00		23.100,00	-20.211,00	-19.248,57
2	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	2.410,88	2.410,88
3	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	2.296,08	2.296,08
4	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	2.186,74	2.186,74
5	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	2.082,61	2.082,61
6	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.983,44	1.983,44
7	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.888,99	1.888,99
8	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.799,04	1.799,04
9	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.713,37	1.713,37
10	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.631,78	1.631,78
11	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.554,08	1.554,08
12	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.480,07	1.480,07
13	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.409,59	1.409,59
14	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.342,47	1.342,47
15	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.278,54	1.278,54
16	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.217,66	1.217,66
17	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.159,68	1.159,68
18	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.104,45	1.104,45
19	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.051,86	1.051,86
20	2.079,00	810,00		2.889,00			210,00	21,00	231,00	2.658,00	1.001,77	1.001,77

Van: 11.344,56	Sri: 11,48%	PB: 7,26
----------------	-------------	----------

**Figura 11 – Andamento del Valore attuale netto (Van) di un impianto fotovoltaico da 3kWp al tasso del 5%**



**Tabella 23 – Esempio di analisi economica di un impianto fotovoltaico da 3kWp al tasso del 5%**

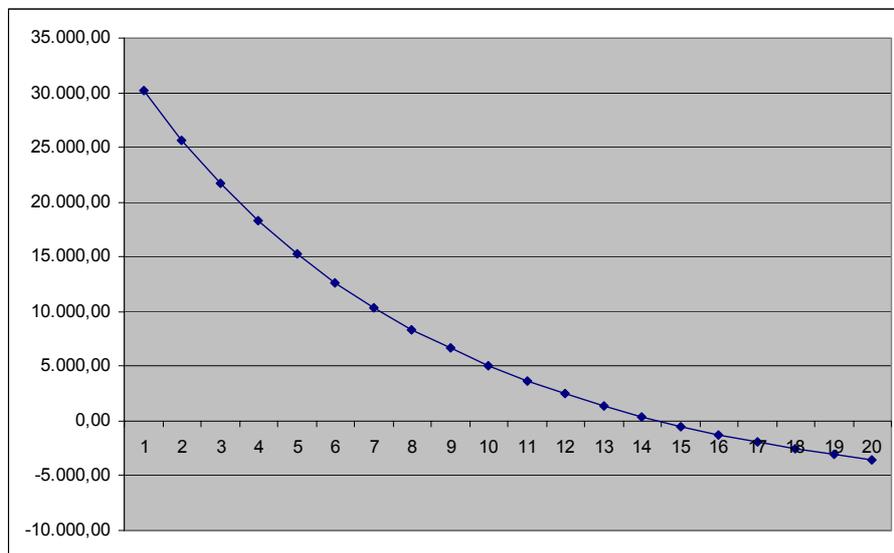
Anno	RICAVI					COSTI						
	Fatturato (da incentivo + prezzo vendita)	Costo evitato energia	Costo evitato CO2	TOTALE	Costo impianto	IVA (10%)	Manut. Ordinaria ed esercizio (1% costo impianto)	IVA (10%) manutenz.	Altri costi (Costi esterni PV)	TOTALE	R-C	VAN
1	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27	21.000,00				31,05	21.031,05	-17.974,79	-17.118,84
2	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	2.553,48
3	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	2.431,89
4	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	2.316,08
5	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	2.205,79
6	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	2.100,76
7	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	2.000,72
8	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.905,45
9	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.814,71
10	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.728,30
11	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.646,00
12	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.567,62
13	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.492,97
14	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.421,87
15	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.354,17
16	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.289,68
17	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.228,27
18	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.169,78
19	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.114,08
20	2.079,00	810,00	167,27	3.056,27			210,00		31,05	241,05	2.815,22	1.061,02

Van: 15.283,80

Sri: 14,46%

PB: 6,87

**Figura 12 – Andamento del Valore attuale netto (Van) di un impianto fotovoltaico da 3kWp al tasso del 5%**



Per ciascuna modalità e tipologia di impianto l'analisi finanziaria e quella economica sono state condotte, in primo luogo, per dimostrare o meno la fattibilità dell'investimento, dal punto di vista del privato ed anche per verificare la possibilità che le tecnologie rinnovabili possono diventare una nuova forma di investimento finanziario, così come come è accaduto in Germania.

Considerato che la normativa predilige e premia quegli utenti che combinano il risparmio, e quindi l'efficienza energetica con la produzione, l'analisi di fattibilità economica cerca di quantificare la possibilità di ridurre gli impatti/effetti sul territorio relativi alle emissioni in atmosfera proprie di ciascun processo di produzione di energia.

Gli impatti/effetti, considerati a livello di singolo micro-impianto considerando stime effettuate da enti ed organizzazioni internazionali sulla base di dati complessivi mentre, per considerare altri e più specifici impatti/effetti, l'impianto va inserito in un contesto territoriale preciso.

L'impianto fotovoltaico preso in considerazione per l'analisi, della potenza di 3 kW, è posizionato in una zona del centro-sud Italia che arriva a produrre, per ogni kWp, all'incirca 1.500 kWh all'anno, con una produzione totale di circa 4.400 kWh. È stato stimato un costo forfetario dell'impianto di 7.000 €/kWp che equivale ad un costo iniziale complessivo di € 21.000, con costi di manutenzione annui di circa l'1% del totale.

Per ciascuna modalità e tipologia è stato calcolato l'ammontare della quota derivante dalla tariffa incentivante. Per la quantità di kWh all'anno prodotti sono stati considerati i "costi evitati" per l'acquisto di elettricità<sup>53</sup>.

53. Il prezzo per l'acquisto di elettricità oscilla, in Italia, tra 0,18-0,20 €/kWh.

**Tabella 24 – Costi esterni, emissioni ed energy pay back time**

<b>Impianto fotovoltaico 3 kWp</b>				
	<b>Emissioni CO<sub>2</sub> (g/kWh)</b>	<b>Emissioni SO<sub>2</sub> (mg/kWh)</b>	<b>Emissioni NO<sub>x</sub> (mg/kWh)</b>	<b>Emissioni PM<sub>10</sub> (mg/kWh)</b>
Policristallino al 2000	99	288	340	119
Policristallino al 2020	54	182	214	65
<b>Costo esterno evitato (€/t)</b>				
<b>Effetto serra</b>	<b>Emissioni CO<sub>2</sub></b>			
	70			
<b>Danni alla salute</b>	<b>Emissioni SO<sub>2</sub></b>		<b>Emissioni NO<sub>x</sub></b>	<b>Emissioni PM<sub>10</sub></b>
	3.060		3.120	12.000
<b>Energy pay back time</b>				
<b>Moduli al silicio</b>	<b>Energia utilizzata per la costruzione</b>	<b>Energy pay back time</b>		
	5600 (KWh/KWp)	5600 (KWh/KWp) / 1500 (KWh/a)= <b>3,73a</b>		
<b>Moduli con tecnologia CIS (film sottili)</b>	<b>Energia utilizzata per la costruzione</b>	<b>Energy pay back time</b>		
	3100 (KwH/KwP)	3100 (KWh/KWp) / 1500 (KWh/a)= <b>2,06a</b>		

Nell'analisi economica è stato vagliato il costo evitato per le emissioni di CO<sub>2</sub>, facendo riferimento ad uno studio ExternE (2005-2006) ed allo stesso tempo si è tenuto conto delle emissioni prodotte dai pannelli fotovoltaici. Inoltre, anche se nell'analisi economica non è stato considerato, va tenuto conto, nel bilanciamento energetico, il tempo di rientro dell'energia consumata per la produzione dei pannelli fotovoltaici (tab.11). I risultati delle analisi sono stati sintetizzati nella tabella 12.

**Tabella 25 – Schema sintetico dell’analisi finanziaria ed economica condotta**

Fotovoltaico 3kWp												
Modalità incentivo	Tipologia impianto		Tasso 5 %									
			Analisi finanziaria						Analisi economica			
			Incentivo		Incentivo + conto capitale 20%		Conto capitale 75%		Incentivo	Incentivo + conto capitale 20%		Conto capitale 75%
			20 anni	40 anni	20 anni	40 anni	20 anni	40 anni	20 anni	40 anni	20 anni	40 anni
Scambio sul posto	Non integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Non integrato + 10%	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Integrato + 10%	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Parzialmente integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Parzialmente integrato+ 10%	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
No scambio sul posto	Non integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Parzialmente integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
No scambio sul posto + casa passiva	Non integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										
	Parzialmente integrato	VAN SRI (%) P-B time R/C a										

Pertanto, le analisi condotte per verificare la fattibilità economico-finanziaria dell’impianto fotovoltaico hanno tenuto conto di un duplice

aspetto/percorso: la *normativa* con le diverse modalità di incentivo e tipologia di impianto ed i differenti *tassi di sconto* applicabili. Il risultato ottenuto ha permesso una comparazione del Van e Sri, finanziario ed economico, per ogni differente tipologia, considerando anche il “rientro” temporale dell’investimento.

### ***18.1. L’analisi finanziaria e l’analisi economica per l’impianto fotovoltaico a scala micro***

L’analisi finanziaria mira ad individuare l’opzione preferibile, sulla base della regola decisionale, della massimizzazione della differenza tra ricavi e costi associando, ad ogni opzione, un *numero*, cioè la dimensione monetaria, per rappresentare tutte le sue caratteristiche. La decisione sarà legata all’individuazione dell’intervento per il quale detto *numero*, risulterà maggiore degli altri. In questo caso la decisione è supportata da una scelta semplificata poiché i termini monetari risultano tra loro omogenei e, quindi, confrontabili. Verrà, pertanto, preferita l’opzione cui è associato il valore positivo maggiore.

Il criterio più comunemente adoperato nella valutazione dell’ammissibilità di un intervento consiste nel misurare il valore attualizzato dei ricavi netti derivanti dall’intervento stesso, comparati con la situazione in assenza dell’intervento, ovvero il valore attuale netto (Van) del progetto di intervento. Un progetto può essere approvato se il Van risulta positivo e, in caso di opzioni alternative, viene preferita quella per cui il Van assume il valore maggiore. Vanno inoltre verificati il criterio del saggio di rendimento interno (Sri), costituito da quel saggio di attualizzazione per cui il Van è pari a zero, ed il rapporto tra rientri/ricavi e costi attualizzati di ciascuna opzione (cfr. parte II § 6.1.).

L’analisi finanziaria ed economica effettuate per l’impianto fotovoltaico da 3 kWp, per un arco temporale di 20 e 40 anni, sono state condotte utilizzando diversi tassi di sconto. La scelta del tasso è legata alla preferenza temporale e tenta di misurare il tasso a cui decade nel tempo il benessere sociale o l’utilità del consumo:

$$i = z + n * g$$

Nella formula  $z$  rappresenta il tasso di pura preferenza temporale (cioè l'impazienza, ovvero la percezione che l'utilità di oggi è maggiore di quella futura),  $g$  è il tasso di crescita dei consumi reali pro capite ed  $n$  è la percentuale di diminuzione dell'utilità addizionale derivata da ogni aumento percentuale del consumo (cioè l'elasticità dell'utilità marginale del consumo) (Nutti, 1987).

È opinione diffusa che, essendo il capitale produttivo un'unità di denaro di risorse nel presente, esso genera maggiori unità di beni e servizi nel futuro. Pertanto, un imprenditore è disposto a pagare maggiori unità nel futuro per acquisire un'unità di risorse al presente. Questo viene definito costo-opportunità privato, marginale, del capitale e può essere convertito, in teoria, in costo di opportunità sociale marginale sottraendo i costi esterni di capitale produttivo ed aggiungendo i benefici esterni. Il *range* di tassi di preferenza temporale individuale non coincide col costo di opportunità del capitale. Il valore del costo opportunità sociale del capitale nella Comunità Europea è di circa il 6% e cambiando le stime del tasso di preferenza temporale sociale con il costo-opportunità sociale dà il *range* utilizzato da ExternE: 0% (basso), 3% (centrale) e 5-6% (alto) (ExternE, 2005).

Sia per l'analisi finanziaria, che per quella economica, si è tenuto conto dello studio ExternE per verificare l'andamento del Van e del Sri, utilizzando i differenti tassi di sconto proposti e verificando anche la possibilità di un eventuale tasso di sconto negativo.

I tassi utilizzati sono stati, pertanto, 5%, 3%, 0% e -1%. Per ciascuna ipotesi è stato calcolato Van ed Sri finanziario ed economico<sup>54</sup>. Lo scopo delle differenti analisi è dimostrare la convenienza finanziaria, in primis, ed eventualmente economica, per l'operatore privato a seconda delle differenti opzioni previste dalla normativa di riferimento.

54. Per il tasso -1% è stato verificato anche il criterio del rapporto benefici costi attualizzato.

L'analisi ha considerato anche i precedenti sussidi al fotovoltaico. Un'ulteriore verifica, in assenza di incentivo, è stata volta a considerare la fattibilità economico-finanziaria dell'impianto in sé.

Le precedenti forme di sussidio alle fonti rinnovabili non hanno riscosso, in Italia, il successo sperato come ad esempio il conto capitale o i certificati verdi. In particolare, se facciamo riferimento al fotovoltaico, il Van, con un finanziamento in conto capitale al 75%, percentuale massima finanziata, risulta negativo per l'ipotesi di analisi finanziaria al 5% ed al 3 % per 20 anni e positiva solo in assenza di tasso (0%). Il Van economico è invece positivo già ai 20 anni, il che evidenzia una cattiva conoscenza della questione, nonché una scarsa fiducia nelle nuove tecnologie, tanto da "rifiutare" adeguate verifiche prima dell'investimento. Il Van finanziario ed economico, ai 40 anni, in conto capitale al 75% appare positivo in entrambi i periodi esaminati (tab. 13).

**Tabella 26 – Confronto del Van per un impianto fotovoltaico da 3 kWp**

<b>Impianto fotovoltaico 3 kWp – Incentivo conto capitale 75%</b>				
<b>Tasso di sconto</b>	<b>20 anni</b>		<b>40 anni</b>	
	<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>	<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>
<b>5%</b>	-2.223,84	1.715,40	495,65	5.173,31
<b>3%</b>	-2,77	4.353,64	4.766,63	10.419,06
<b>0</b>	4.461	9.684,30	16.041,00	24.408,60

Nonostante in quasi tutte le regioni italiane siano stati stanziati fondi per finanziamenti in conto capitale, questi, soprattutto nel centro-sud non sono stati spesi in maniera adeguata. Se si considera la migliore posizione rispetto all'irraggiamento, la motivazione di fondo è legata alla cattiva informazione e, sicuramente, a minore "coscienza e consapevolezza" dei cittadini rispetto ai problemi connessi ai cambiamenti climatici ed alla scarsità delle risorse. Il fallimento di questa politica ha spinto il governo a cercare una soluzione alternativa per migliorare la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili e

dell'efficienza energetica negli edifici pubblici e privati, demandando la politica di forme di sostegno ed informazione agli enti locali e sperimentando, a livello nazionale, le tariffe incentivanti come già introdotte dalla normativa tedesca nel 2000.

La verifica del Van finanziario ed economico in conto capitale è stata effettuata non soltanto per mostrare la "convenienza" della tipologia di finanziamento pubblico, ma anche perché le tariffe incentivanti del conto energia non potranno essere applicate a quegli impianti, che beneficiano di certificati verdi o che hanno ottenuto contributi in conto capitale superiori al 20%.

La finalità è cercare di raggiungere quella "parte" di collettività non consapevole dell'importanza dell'uso delle fonti energetiche rinnovabili quali strumentali allo "sviluppo sostenibile", provando a massimizzare, contemporaneamente, la dimensione economica, ecologica, sociale ed istituzionale, attraverso l'incentivazione di un interesse verso un "investimento profittevole" nell'ottica finanziaria.

Questa visione potrebbe sembrare un passo indietro nella logica della sostenibilità, tuttavia, se letto in un disegno globale e di lungo periodo non è possibile pensare di realizzare quegli interventi che non siano fattibili finanziariamente. È utile uno studio degli investimenti necessari e dei relativi canali di finanziamento, pubblici e privati, alla luce dei successivi costi di manutenzione e delle possibili forme gestionali degli interventi. Lo strumento dell'analisi finanziaria appare, pertanto, quanto mai utile e necessario, per consentire, altresì, l'incentivazione di sinergie tra capitale pubblico e privato.

Appare quasi superfluo specificare che l'investimento nel fotovoltaico a scala micro, senza alcuna forma di sussidio, non risulta conveniente, ai costi attuali ed ai tassi di sconto considerati, fatta eccezione per il tasso di sconto nullo e negativo nell'analisi sia finanziaria che economica ai 40 anni (tab. 14).

La normativa del conto energia ha tratto spunto da quella tedesca degli incentivi per le fonti energetiche rinnovabili. Attraverso i risultati raggiunti evidenziati in una "valutazione ex post" dei costi e dei benefici diretti, indiretti, indotti ed esterni ottenuti dalla Germania nel

campo del risparmio energetico e della promozione delle fonti rinnovabili, ed i settori ad essi connessi a vario livello; considerate le politiche che hanno permesso l'attivazione della normativa sulle fonti rinnovabili, il governo italiano ha deciso di tentare con le tariffe incentivanti<sup>55</sup>.

**Tabella 27 – Confronto del Van per un impianto fotovoltaico da 3 kWp**

<b>Impianto fotovoltaico 3 kWp senza alcun incentivo</b>				
<b>Tasso di sconto</b>	<b>20 anni</b>		<b>40 anni</b>	
	<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>	<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>
<b>5%</b>	-14.564,38	-10.625,13	-11.844,89	-7.167,22
<b>3%</b>	-13.588,85	-9.231,45	-8.819,46	-3.167,02
<b>0</b>	-11.289	-6.065,70	291	8.658,60
<b>-1</b>	-10.209,55	-4.609,43	5.550,74	15.430,23

L'esperimento si è limitato alla promozione del fotovoltaico che, nonostante la maggiore "disponibilità" in natura della fonte, è rimasto indietro con la diffusione a scala sia micro che di produzione. I risultati attesi dalla sperimentazione sono simili a quelli tedeschi e, difatti, già dall'emanazione del primo decreto del conto energia, le domande sono state numerose al punto tale da bloccarne la presentazione per l'ultimo trimestre del 2006.

L'analisi finanziaria ed economica proposte vogliono offrire una più chiara rappresentazione della effettiva convenienza del fotovoltaico, a scala micro, per il singolo utente finale, considerando diversi tassi di sconto e le modalità e le tipologie offerte dalla normativa. I risultati vanno, sicuramente, confrontati con le reali possibilità di applicazione

55. Va ulteriormente precisato che in Germania le tariffe incentivanti sono il frutto di un percorso/processo di cambiamento nel settore produttivo energetico che ha visto, negli ultimi trenta anni, il governo impegnato, insieme con i cittadini in forti campagne promozionali ed educative verso un uso razionale delle risorse ed una produzione energetica "sostenibile". La questione energetica e dei cambiamenti climatici ha assunto un ruolo fondamentale in tutte le politiche nazionali e locali.

tenendo conto delle risorse e dei vincoli territoriali, normativi, tecnologici e di finanziari.

Per ciascuna modalità e tipologia sono stati calcolati il Van, il Sri ed anche il Pay Back time (Pb) finanziario ed economico, relativi ai tassi considerati (tabb. 15-18 e figg. 5-12).

Tabella 28 – Andamento del Van al tasso del 5%

Fotovoltaico 3kWp													
Modalità incentivo	Tipologia impianto	Tasso 5 % VAN											
		Analisi finanziaria						Analisi economica					
		Incentivo		Incentivo + conto capitale 20%		Conto capitale 75%		Incentivo		Incentivo + conto capitale 20%		Conto capitale 75%	
		Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni	Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni
Scambio sul posto	No Int	5.624,40	8.343,89	8.915,21	11.634,70	-2.223,84	495,65	9.563,65	13.021,56	12.854,46	16.312,37	1.715,40	5.173,31
	No Int + 10%	7.643,28	10.363,77	10.934,09	13.653,58	-2.223,84	495,65	11.582,53	15.040,44	14.873,33	18.331,25	1.715,40	5.173,31
	Int	8.989,20	11.708,69	12.280,01	14.999,50	-2.223,84	495,65	12.928,44	16.386,35	16.219,25	19.677,16	1.715,40	5.173,31
	Int + 10%	11.344,56	14.064,05	14.635,36	17.354,86	-2.223,84	495,65	15.283,80	18.741,71	18.574,61	22.032,52	1.715,40	5.173,31
	P Int	6.746,00	9.465,49	10.036,81	12.756,30	-2.223,84	495,65	10.685,25	14.143,16	13.976,06	17.433,97	1.715,40	5.173,31
	P Int + 10%	8.877,04	11.596,53	12.167,85	14.887,34	-2.223,84	495,65	12.816,28	16.274,19	16.107,09	19.565,00	1.715,40	5.173,31
No scambio sul posto	No Int	2.259,60	4.979,09	5.558,41	8.269,90	-2.223,84	495,65	6.198,85	9.656,76	13.976,06	12.947,57	1.715,40	5.173,31
	Int	8.989,20	11.708,69	12.280,01	14.999,50	-2.223,84	495,65	12.928,44	16.186,35	16.219,25	19.677,16	1.715,40	5.173,31
	P Int	6.746,00	9.465,49	10.036,81	12.756,30	-2.223,84	495,65	10.685,25	14.143,13	13.976,06	17.433,97	1.715,40	5.173,31
No scambio sul posto + casa passiva	No Int	-4.806,47	-4.750,11	-1.515,66	-1.459,30	-9.289,92	-9.233,55	-867,22	-72,44	2.423,59	3.218,37	-5.350,67	-4.555,89
	Int	1.923,12	1.979,49	4.993,93	5.270,30	-9.289,92	-9.233,55	5.862,37	6.657,15	9.153,18	9.747,96	-5.350,67	-4.555,89
	P Int	-320,07	-263,71	2.970,74	3.027,10	-9.289,92	-9.233,55	3.619,17	4.413,95	6.909,98	7.704,76	-5.350,67	-4.555,89

Figura 13 – Andamento del Van finanziario al tasso del 5%

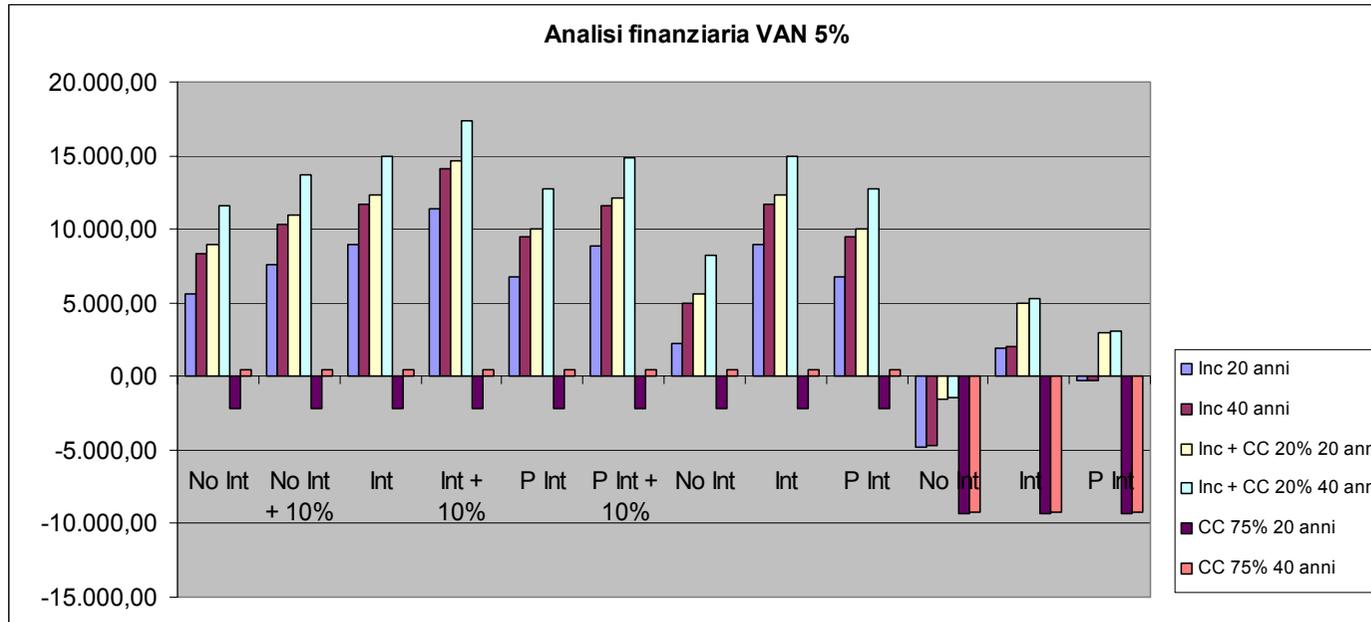


Figura 14 – Andamento del Van economico al tasso del 5%

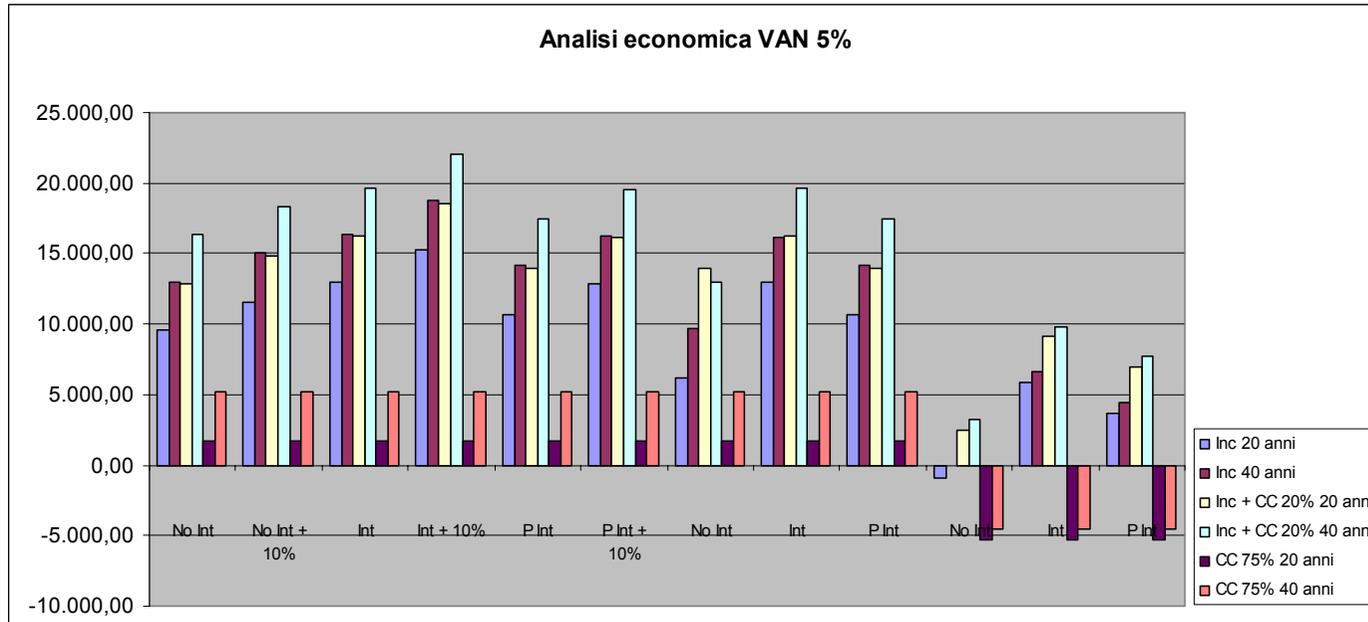


Tabella 29 – Andamento del Van al tasso del 3%

Fotovoltaico 3kWp													
Modalità incentivo	Tipologia impianto	Tasso 3 % VAN											
		Analisi finanziaria						Analisi economica					
		Incentivo		Incentivo + conto capitale 20%		Conto capitale 75%		Incentivo		Incentivo + conto capitale 20%		Conto capitale 75%	
		Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni	Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni
Scambio sul posto	No Int	10.512,65	15.282,05	14.135,61	18.905,01	-2,77	4.766,63	14.870,06	20.934,49	18.493,02	24.557,44	4.354,64	10.419,06
	No Int + 10%	12.922,81	17.692,20	16.545,76	21.315,16	-2,77	4.766,63	17.280,21	23.344,64	20.903,17	26.967,59	4.354,64	10.419,06
	Int	14.529,57	19.298,97	18.152,53	22.921,92	-2,77	4.766,63	18.886,98	24.951,40	22.509,94	28.574,36	4.354,64	10.419,06
	Int + 10%	17.341,42	22.110,81	20.964,37	25.733,77	-2,77	4.766,63	21.698,82	27.763,25	25.321,78	31.386,20	4.354,64	10.419,06
	P Int	11.851,62	16.621,02	154,74	20.243,98	-2,77	4.766,63	16.209,04	22.273,46	19.831,99	25.896,41	4.354,64	10.419,06
	P Int + 10%	14.395,68	19.165,07	18.018,63	22.788,03	-2,77	4.766,63	18.753,08	24.817,51	22.376,04	28.440,46	4.354,64	10.419,06
No scambio sul posto	No Int	6.495,74	11.265,13	10.118,69	14.888,09	-2,77	4.766,63	10.853,15	16.917,57	14.476,10	20.540,52	4.354,64	10.419,06
	Int	14.529,57	19.298,97	18.152,53	22.921,92	-2,77	4.766,63	18.886,98	24.747,52	22.509,94	28.574,36	4.354,64	10.419,06
	P Int	11.851,63	16.621,02	15.474,58	20.243,98	-2,77	4.766,63	16.209,04	22.273,46	19.831,99	25.896,41	4.354,64	10.419,06
No scambio sul posto + casa passiva	No Int	-1.939,79	-1.840,94	1.683,17	1.782,01	-8.438,29	-8.339,45	2.417,62	3.811,49	6.040,57	7.434,45	-4.080,89	-2.687,01
	Int	6.094,04	6.192,89	9.492,73	9.815,85	-8.438,29	-8.339,45	10.451,45	11.845,33	14.074,41	15.264,40	-4.080,89	-2.687,01
	P Int	3.416,10	3.514,95	7.039,06	7.137,90	-8.438,29	-8.339,45	7.773,51	9.167,38	11.396,46	12.790,34	-4.080,89	-2.687,01

Figura 15 – Andamento del Van finanziario al tasso del 3%

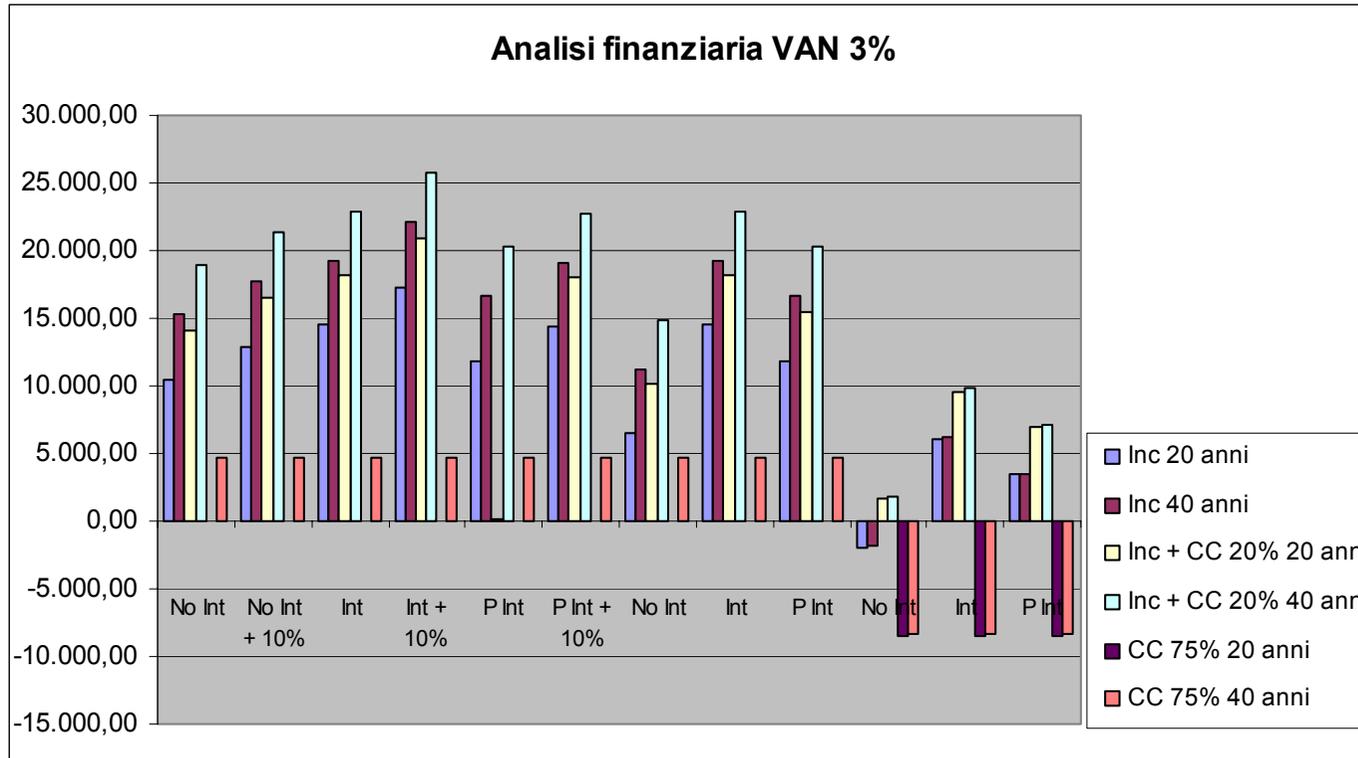


Figura 16 – Andamento del Van economico al tasso del 3%

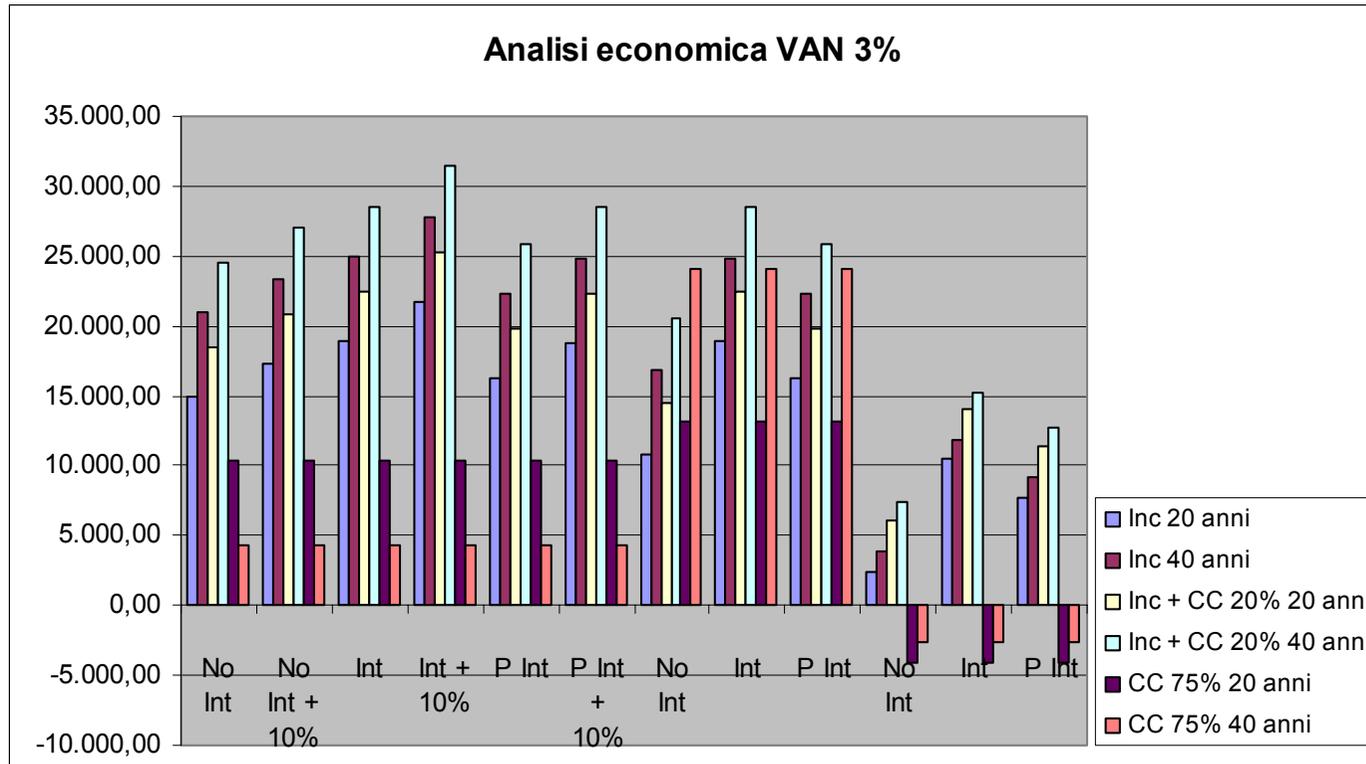


Tabella 30 – Andamento del Van a tasso 0

		Fotovoltaico 3kWp VAN											
Modalità incentivo	Tipologia impianto	Tasso 0 %											
		Analisi finanziaria						Analisi economica					
		Incentivo		Incentivo + conto		Conto capitale 75%		Incentivo		Incentivo + conto		Conto capitale 75%	
		Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni	Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni
Scambio sul posto	No Int	21.111,00	32.691,00	25.311,00	36.891,00	4.461,00	16.041,00	26.634,30	41.058,60	30.534,30	45.258,60	9.684,30	24.408,60
	No Int + 10%	24.351,00	35.931,00	28.551,00	40.131,00	4.461,00	16.041,00	29.574,30	44.298,60	33.774,30	48.498,60	9.684,30	24.408,60
	Int	26.280,00	38.091,00	30.711,00	42.291,00	4.461,00	16.041,00	31.734,30	46.458,60	35.934,30	50.658,60	9.684,30	24.408,60
	Int + 10%	30.291,00	41.871,00	34.491,00	46.071,00	4.461,00	16.041,00	35.514,30	50.238,60	39.714,30	54.438,60	9.684,30	24.408,60
	P Int	22.911,00	34.491,00	27.111,00	38.691,00	4.461,00	16.041,00	28.134,30	42.858,60	32.334,30	47.058,60	9.684,30	24.408,60
	P Int + 10%	26.331,00	37.911,00	30.531,00	42.111,00	4.461,00	16.041,00	31.554,30	46.278,60	35.754,30	50.478,60	9.684,30	24.408,60
No scambio sul posto	No Int	15.711,00	27.291,00	19.911,00	31.491,00	4.461,00	16.041,00	20.934,30	35.658,60	25.134,30	39.858,60	9.684,30	24.408,60
	Int	26.511,00	38.091,00	30.711,00	42.291,00	4.461,00	16.041,00	31.734,30	46.458,60	35.934,30	50.658,60	9.684,30	24.408,60
	P Int	22.911,00	34.491,00	27.111,00	38.691,00	4.461,00	16.041,00	28.134,30	42.858,60	32.334,30	47.058,60	9.684,30	24.408,60
No scambio sul posto + casa passiva	No Int	4.371,00	4.611,00	8.571,00	8.811,00	-6.879,00	-6.639,00	9.594,30	12.978,60	20.994,30	17.178,60	-1.655,70	1.728,60
	Int	15.171,00	15.411,00	19.371,00	12.471,00	-6.879,00	-6.639,00	20.394,30	23.778,60	24.594,30	27.978,60	-1.655,70	1.728,60
	P Int	11.571,00	11.811,00	15.771,00	16.011,00	-6.879,00	-6.639,00	16.794,30	20.178,60	20.994,30	24.378,60	-1.655,70	1.728,60

Figura 17 – Andamento del Van finanziario a tasso 0

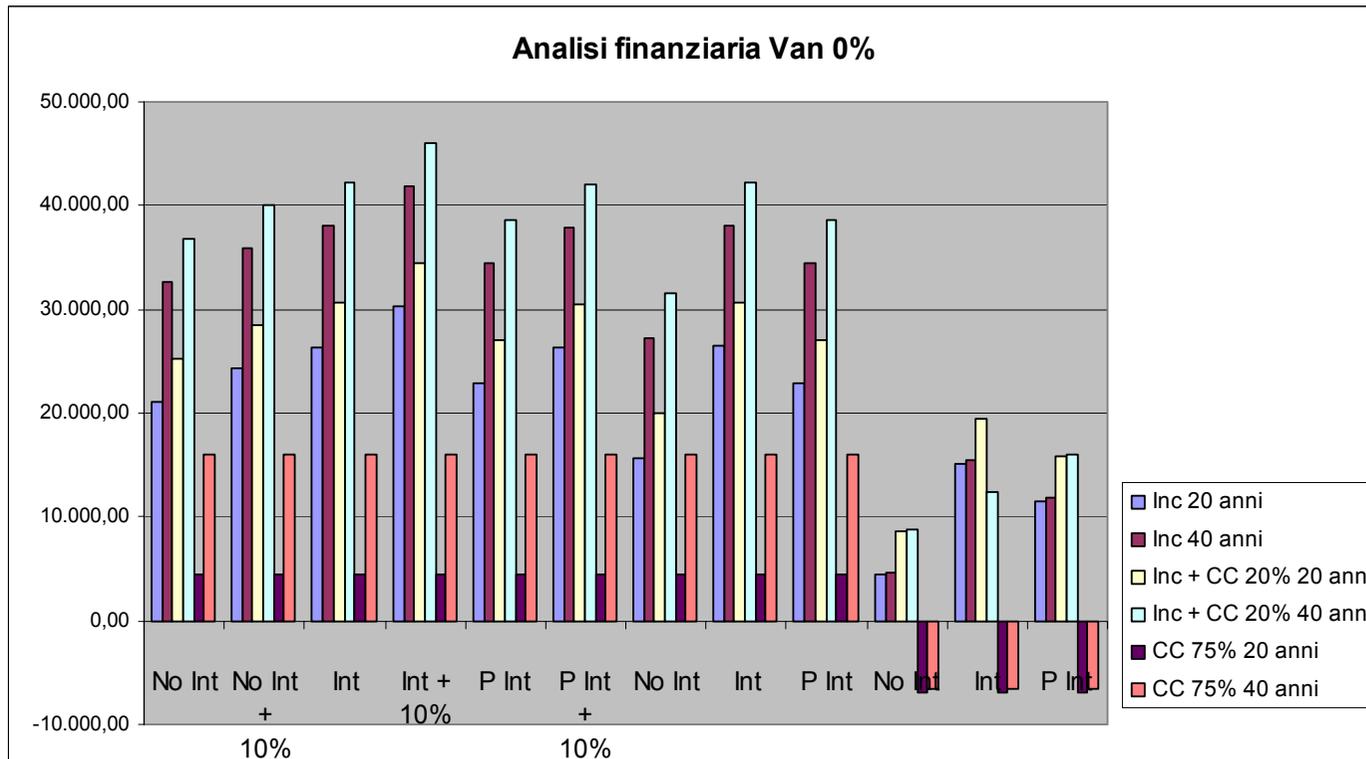


Figura 18 – Andamento del Van economico a tasso 0

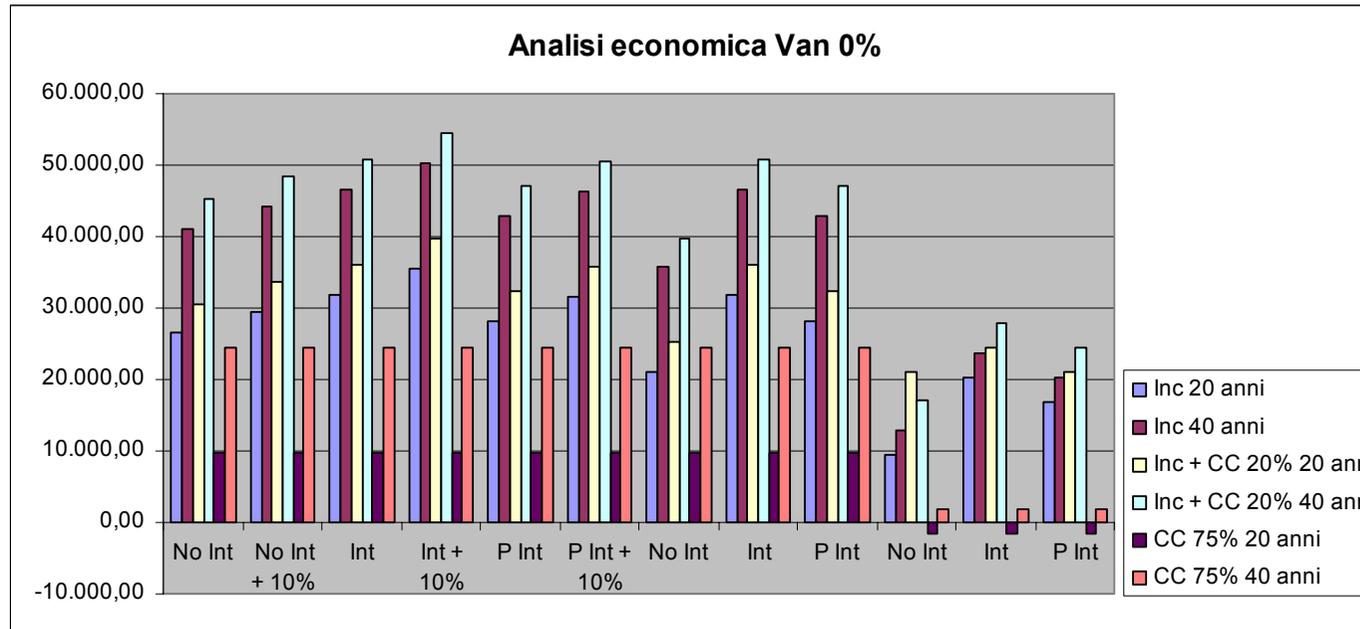


Tabella 31 – Andamento del Sri

Fotovoltaico 3kWp													
Modalità incentivo	Tipologia impianto	SRI											
		Analisi finanziaria						Analisi economica					
		Incentivo		Incentivo + conto capitale		Conto capitale 75%		Incentivo		Incentivo + conto capitale		Conto capitale 75%	
		Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni	Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni
Scambio sul posto	No Int	8,30	9,02	10,46	10,98	3,00	5,29	11,03	11,64	13,48	13,90	8,20	6,59
	No Int + 10%	9,44	10,03	11,62	12,04	3,00	5,29	12,25	12,75	14,72	15,06	8,20	6,59
	Int	10,19	10,71	12,38	12,75	3,00	5,29	13,05	13,49	15,55	15,84	8,20	6,59
	Int + 10%	11,48	11,90	13,71	14,00	3,00	5,29	14,46	14,80	16,99	17,22	8,20	6,59
	P Int	8,93	9,58	11,11	11,57	3,00	5,29	11,71	12,25	14,17	14,54	8,20	6,59
	P Int + 10%	10,12	10,65	12,32	12,69	3,00	5,29	12,99	13,43	15,48	15,78	8,20	6,59
No scambio sul posto	No Int	6,35	7,37	8,48	9,21	8,93	10,16	8,98	9,84	11,37	11,98	12,33	13,29
	Int	10,19	10,71	12,38	12,75	8,93	10,16	13,05	13,30	15,55	15,84	12,33	13,29
	P Int	8,93	9,58	11,11	11,57	8,93	10,16	11,71	12,25	14,17	14,54	12,33	13,29
No scambio sul posto + casa passiva	No Int	1,92	1,99	3,98	4,03	-8,28	-6,43	4,41	4,96	6,72	7,09	-1,63	0,97
	Int	6,16	6,18	8,11	8,29	-8,28	-6,43	8,77	9,00	11,16	11,13	-1,63	0,97
	P Int	4,80	4,84	6,90	6,93	-8,28	-6,43	7,36	7,66	9,72	9,93	-1,63	0,97

Figura 19 – Andamento del Sri finanziario

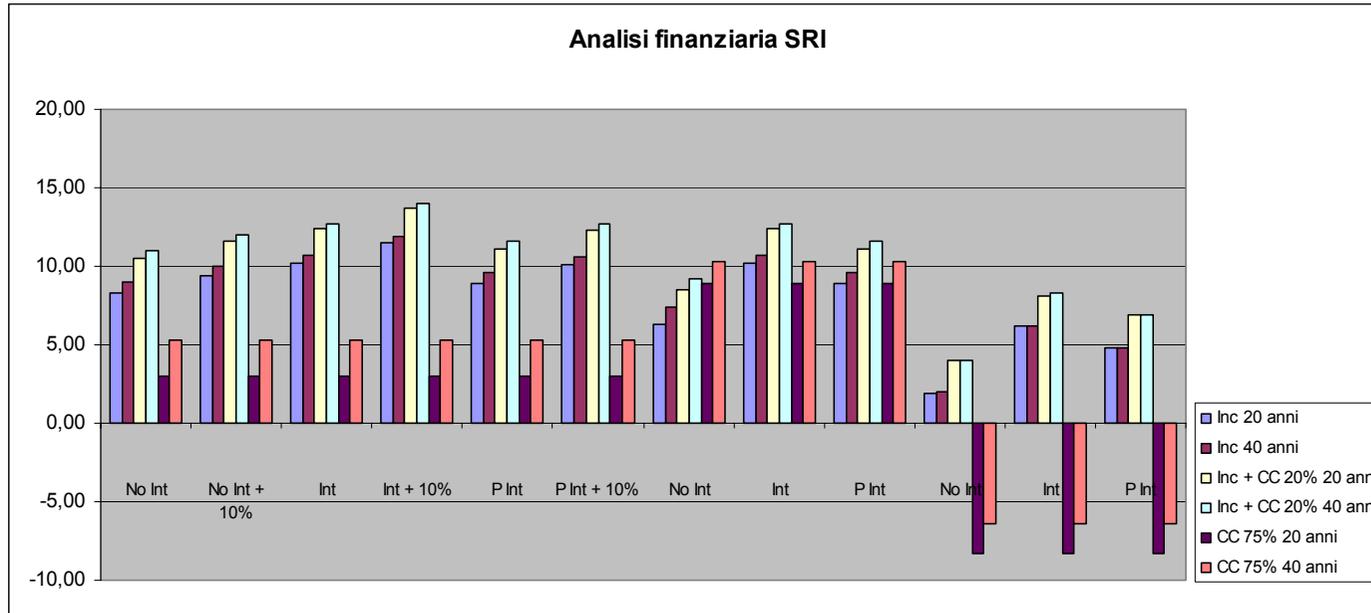
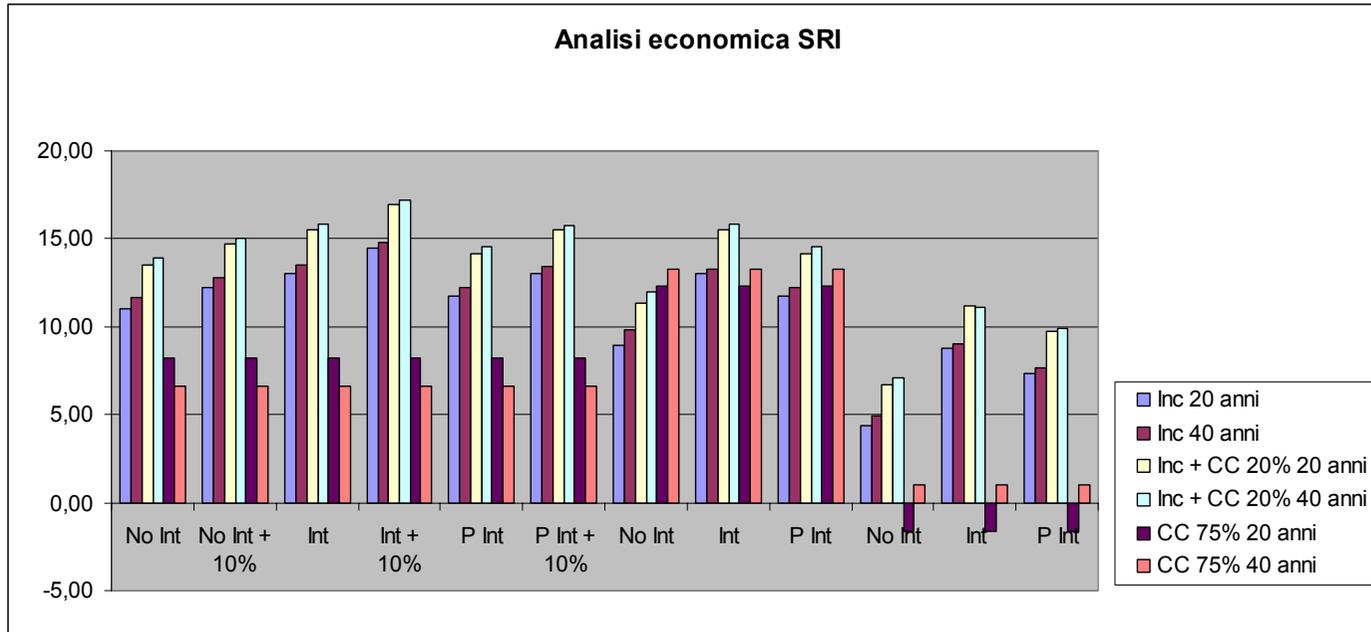


Figura 20 – Andamento del Sri economico



È possibile notare che il Van, ad un tasso del 5%, risulta positivo, con le tariffe incentivanti, nella quasi totalità delle modalità considerate, fatta eccezione della già citata situazione del conto capitale. È stato considerato anche il caso della combinazione dell'impianto con l'abitazione passiva, per la quale il consumo previsto è di soli 15 kWh/mq all'anno (cfr. parte I, § 5.3.). Dal punto di vista puramente finanziario, per il fotovoltaico parzialmente, o non integrato, a 20 anni, l'investimento sembra meno conveniente, anche perché va considerato il costo di costruzione aggiuntivo per tale tipologia abitativa: 10% in più di una convenzionale. La situazione, però, migliora per il secondo periodo considerato, 40 anni, e, soprattutto, nell'analisi economica.

La casa passiva risulta, sicuramente, la combinazione migliore, per la piccola scala, di risparmio energetico e produzione di energia elettrica, soprattutto se non si opera in regime di scambio sul posto ma per la vendita di energia. Tale tipologia edilizia fornisce risultati efficaci dal punto di vista del risparmio energetico, specie in paesi con climi particolarmente freddi dove il consumo è legato soprattutto al riscaldamento. Andrebbero verificate le soluzioni possibili per le temperature più elevate, poiché i consumi sono maggiormente legati al raffrescamento.

Ottenendo bassi consumi con l'edificio passivo, l'esempio considerato, che tiene conto della modalità applicativa non in regime di scambio sul posto combinato con detta tipologia edilizia, risulterebbe, dal punto di vista economico, grazie soprattutto ai costi ambientali evitati, la migliore soluzione, qualora integrata nell'edificio. Ai costi maggiorati per ottenere l'isolamento dell'edificio<sup>56</sup>, andrebbero decurtati quelli degli elementi funzionali eliminati per permettere l'installazione del fotovoltaico.

Con i tassi adoperati il Van finanziario ed economico più elevato si ottiene, ovviamente, per la soluzione che prevede lo scambio sul posto, per un impianto integrato, che ha beneficiato di incentivo in conto

56. Va considerato che la normativa prevede, per le nuove abitazioni, o grosse ristrutturazioni, la certificazione energetica o, eventualmente la procedura avviata dei lavori di adeguamento per richiedere la certificazione.

capitale fino al 20% e con tariffa maggiorata del 10%, in quanto impianto non superiore a 3 kWp<sup>57</sup> (tab. 19). Il Van finanziario ed economico più basso, ma sempre positivo, si ottiene con il regime che non prevede lo scambio sul posto, né l'integrazione dell'impianto all'interno del corpo di fabbrica. Tuttavia, anche in quest'ultimo caso il Van risulta positivo.

**Tabella 32 – Valori del Van**

<b>Valore del Van più alto</b>					
	<b>Tasso di sconto</b>	<b>20 anni</b>		<b>40 anni</b>	
		<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>	<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>
<b>Scambio sul posto integrato + 10% + inc. CC 20%</b>	<b>5%</b>	14.635,36	18.574,61	17.354,86	22.032,52
	<b>3%</b>	20.964,37	25.321,78	25.733,77	31.386,20
	<b>0</b>	34.491,00	39.714,30	46.071,00	54.438,60
<b>Valore del Van più basso</b>					
<b>No scambio sul posto non integrato</b>	<b>5%</b>	2.259,00	6.198,85	4.979,60	9.656,76
	<b>3%</b>	6.495,74	10.853,15	11.265,13	16.917,57
	<b>0</b>	15.711,00	20.934,30	27.291,00	35.658,60

L'efficacia dell'incentivo è sicuramente dimostrata. Per l'effettiva applicazione di tali tipologie e modalità vanno, invece, espresse alcune riflessioni. La prima riguarda la fonte di finanziamento per gli incentivi stessi, prelevata nella bolletta elettrica<sup>58</sup> che, se non opportunamente stimata, può dare luogo ad un blocco delle richieste di installazione, così come accaduto per il precedente decreto del conto energia.

57. Nelle analisi effettuate non è stato esaminato il caso opzionale dell'incremento fino al 30% dell'incentivo per abitazioni che hanno effettuato lavori all'edificio per migliorarne l'efficienza. Sono stati inoltre trascurati i costi aggiuntivi per l'integrazione dei pannelli fotovoltaici.

58. Con propri provvedimenti l'Autorità per l'energia elettrica e il gas determina le modalità con le quali le risorse per l'erogazione delle tariffe incentivanti di cui all'articolo 6 e del premio di cui all'articolo 7, nonché per la gestione delle attività previste dal presente decreto, trovano copertura nel gettito della componente tariffaria A3 delle tariffe dell'energia elettrica (art. 10, comma 2, normativa conto energia).

Inoltre, l'integrazione dei moduli fotovoltaici, è possibile per un edificio di nuova costruzione e per ristrutturazioni/riqualificazioni rilevanti, in cui si adoperino sistemi che sostituiscano elementi costruttivi. In questo caso è altrettanto possibile provvedere anche alla certificazione energetica dell'edificio ed alla percentuale aggiuntiva di premialità prevista dalla normativa.

**Tabella 33 – Andamento del Van: dati a confronto**

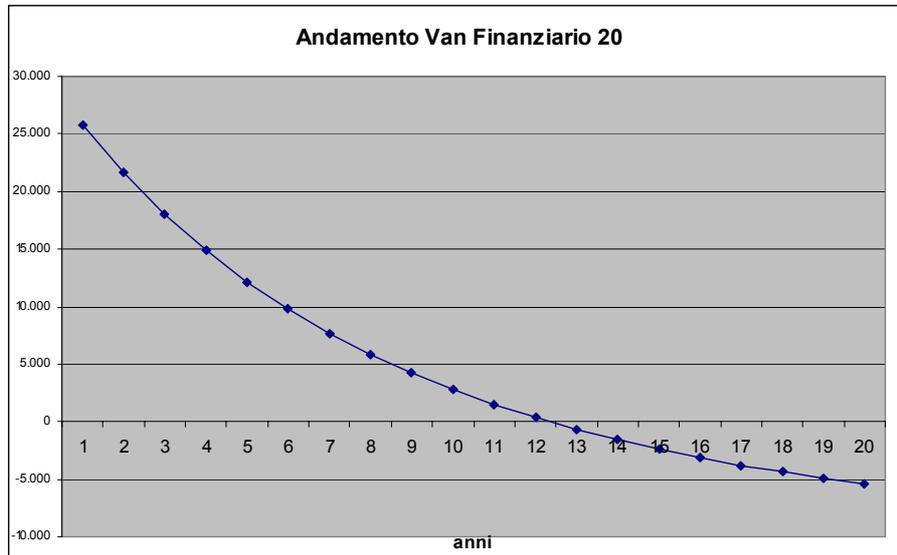
<b>Valore del Van</b>					
	<b>Tasso di sconto</b>	<b>20 anni</b>		<b>40 anni</b>	
		<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>	<b>Van finanziario</b>	<b>Van economico</b>
<b>Scambio sul posto parz. integrato + 10% + inc. CC 20%</b>	<b>5%</b>	12.167,85	16.107,09	14.887,34	19.565,00
	<b>3%</b>	18.018,63	22.376,09	22.788,03	28.440,46
	<b>0</b>	30.531,00	35.754,30	42.111,00	50.478,60
<b>Scambio sul posto parz. integrato + 10%</b>	<b>5%</b>	8.887,04	12.816,28	11.596,53	16.274,19
	<b>3%</b>	14.395,68	18.753,08	19.165,07	24.817,51
	<b>0</b>	26.331,00	31.554,30	37.911,00	46.278,60
<b>No scambio sul posto parz. integrato + inc. CC 20%</b>	<b>5%</b>	10.036,81	13.976,06	12.756,30	17.433,97
	<b>3%</b>	15.474,58	19.831,99	20.243,98	25.896,41
	<b>0</b>	27.111,00	32.334,30	38.691,00	47.058,60
<b>No scambio sul posto parz. integrato</b>	<b>5%</b>	6.746,00	10.685,25	9.465,49	14.143,13
	<b>3%</b>	11.851,63	16.209,04	16.621,02	22.273,46
	<b>0</b>	22.911,00	28.134,30	34.491,00	42.858,60

I valori del Van sono positivi in ciascuna ipotesi di applicazione, tuttavia non vanno considerate, in questo caso, le “migliori” dal punto di vista finanziario, bensì le “migliori possibili” riferite all'attuale situazione italiana del parco edilizio esistente, soprattutto al centro-sud, che difficilmente si adatta all'opzione dell'impianto fotovoltaico “integrato” (tab. 20-21 e figg. 13-16).

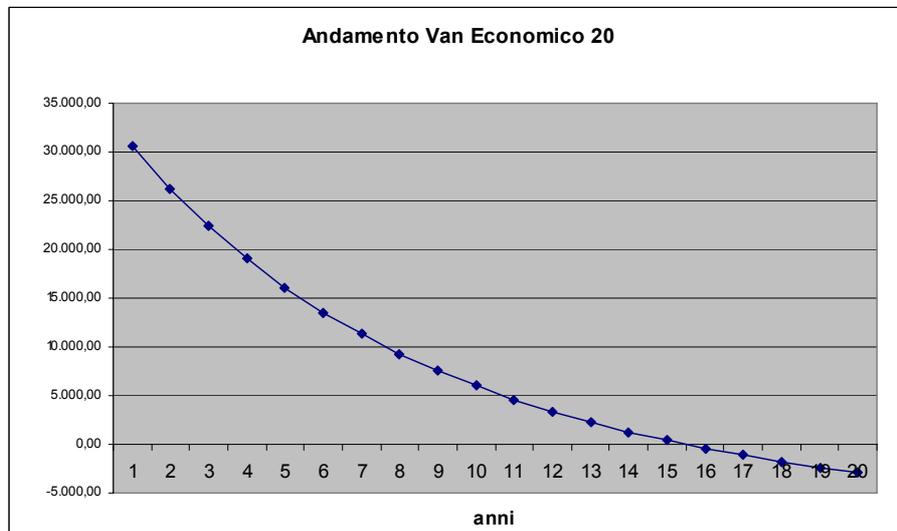
**Tabella 34 – Andamento del Van: dati a confronto**

Valore del Van							
	Tasso di sconto	20 anni			40 anni		
		Van finanziario	Van economico	Incremento	Van finanziario	Van economico	Incremento
<b>Scambio sul posto parz. integrato + 10% + inc. CC 20%</b>	5%	12.167,85	16.107,09	0,32	14.887,34	19.565,00	0,31
	3%	18.018,63	22.376,09	0,24	22.788,03	28.440,46	0,25
	Incremento	0,48	0,39		0,53	0,45	
	5%	12.167,85	16.107,09	0,32	14.887,34	19.565,00	0,31
	0	30.531,00	35.754,30	0,17	42.111,00	50.478,60	0,20
	Incremento	1,51	1,22		1,83	1,58	
	3%	18.018,63	22.376,09	0,24	22.788,03	28.440,46	0,25
	0	30.531,00	35.754,30	0,17	42.111,00	50.478,60	0,20
Incremento	0,69	0,60		0,85	0,77		
<b>Scambio sul posto parz. integrato + 10%</b>	5%	8.887,04	12.816,28	0,44	11.596,53	16.274,19	0,40
	3%	14.395,68	18.753,08	0,30	19.165,07	24.817,51	0,29
	Incremento	0,62	0,46		0,65	0,52	
	5%	8.887,04	12.816,28	0,44	11.596,53	16.274,19	0,40
	0	26.331,00	31.554,30	0,20	37.911,00	46.278,60	0,22
	Incremento	1,96	1,46		2,27	1,84	
	3%	14.395,68	18.753,08	0,30	19.165,07	24.817,51	0,29
	0	26.331,00	31.554,30	0,20	37.911,00	46.278,60	0,22
Incremento	0,83	0,68		0,98	0,86		
<b>No scambio sul posto parz. integrato + inc. CC 20%</b>	5%	10.036,81	13.976,06	0,39	12.756,30	17.433,97	0,37
	3%	15.474,58	19.831,99	0,28	20.243,98	25.896,41	0,28
	Incremento	0,54	0,42		0,59	0,49	
	5%	10.036,81	13.976,06	0,39	12.756,30	17.433,97	0,37
	0	27.111,00	32.334,30	0,19	38.691,00	47.058,60	0,22
	Incremento	1,70	1,31		2,03	1,70	
	3%	15.474,58	19.831,99	0,28	20.243,98	25.896,41	0,28
	0	27.111,00	32.334,30	0,19	38.691,00	47.058,60	0,22
Incremento	0,75	0,63		0,91	0,82		
<b>No scambio sul posto parz. integrato</b>	5%	6.746,00	10.685,25	0,58	9.465,49	14.143,13	0,49
	3%	11.851,63	16.209,04	0,37	16.621,02	22.273,46	0,34
	Incremento	0,76	0,52		0,76	0,57	
	5%	6.746,00	10.685,25	0,58	9.465,49	14.143,13	0,49
	0	22.911,00	28.134,30	0,23	34.491,00	42.858,60	0,24
	Incremento	2,40	1,63		2,64	2,03	
	3%	11.851,63	16.209,04	0,37	16.621,02	22.273,46	0,34
	0	22.911,00	28.134,30	0,23	34.491,00	42.858,60	0,24
Incremento	0,93	0,74		1,08	0,92		

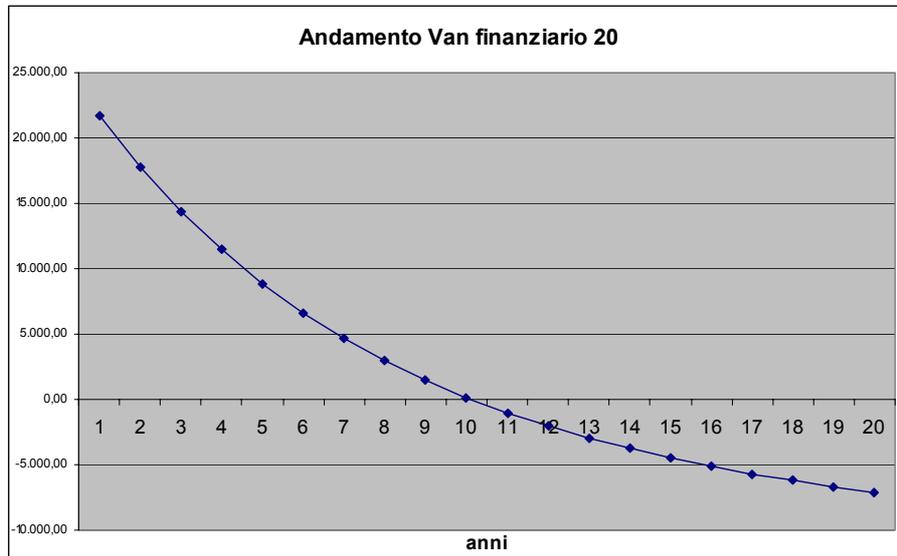
**Figura 21 – Andamento del Van 5% finanziario (scambio sul posto+parz. Int.+10%+CC 20%)**



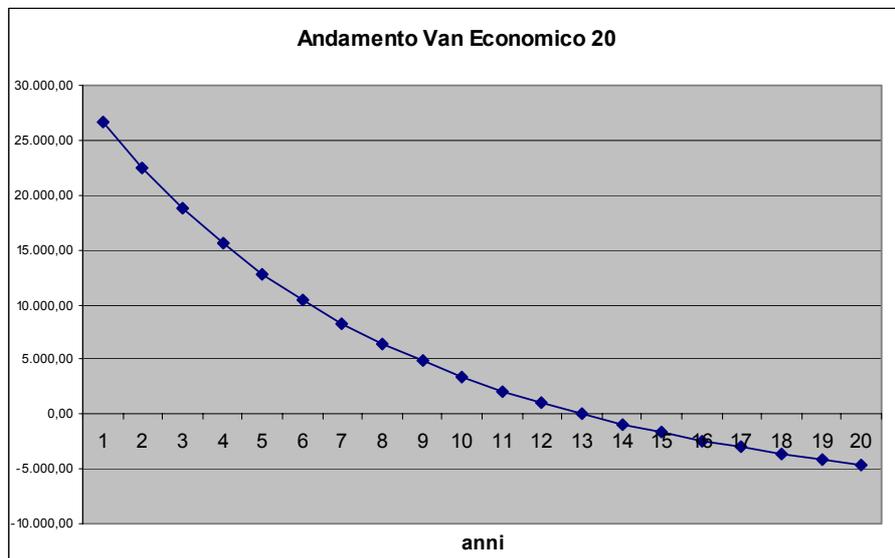
**Figura 22 – Andamento del Van 5% economico (scambio sul posto+parz. Int.+10%+CC 20%)**



**Figura 23 – Andamento del Van 5% finanziario (scambio sul posto+parz. Int.+10%)**



**Figura 24 – Andamento del Van 5% (scambio sul posto+parz. Int.+10%)**



Per le tipologie esistenti e la situazione attuale del parco di edilizia privata esistente, del centro-sud Italia è possibile fruire di differenti forme incentivanti, considerando anche la premialità per il regime di scambio sul posto, ma non quelle relative agli impianti totalmente integrati. La fattibilità finanziaria del singolo privato investitore è verificata, con l'incentivo, per ciascuna tipologia. L'analisi finanziaria ed economica non evidenziano le difficoltà che si possono incontrare nell'applicazione della normativa.

Tra quelle riscontrabili una riguarda l'installazione dell'impianto che presuppone una corretta conoscenza dei sistemi tecnici connessi, in quanto, un montaggio sbagliato, potrebbe ridurre la resa energetica dei pannelli e determinare un rientro economico inferiore di quello previsto.

A scala di impianto va, inoltre, considerato che il regime dello scambio sul posto, soprattutto nel caso di impianto per consumi familiari, potrebbe risultare, se non correttamente calibrato, un incentivo all'aumento dei consumi. Questo fattore è in contrasto con le corrette modalità di implementazione delle fonti energetiche rinnovabili, che prevedono una combinazione vincente con il risparmio energetico alla luce del raggiungimento degli obiettivi fissati dal protocollo di Kyoto per ridurre i danni all'ambiente.

Non vanno sottovalutate le difficoltà riscontrabili nella presentazione della domanda, generate soprattutto, da scarsa informazione ed inefficace promozione da parte degli enti locali. Le scelte tecniche relative alla tipologia di impianto, pongono altri interrogativi all'investitore, a cui potrebbero dare risposta un corretto regolamento edilizio, tecnici specializzati e campagne informative adeguate.

Può essere interessante notare come, sebbene per l'analisi economica siano stati considerati soltanto gli effetti dei gas climalteranti (in particolare CO<sub>2</sub>) l'incremento del Van è rilevante (tabb. 15 e seguenti).

La validità delle tariffe incentivanti, verificata a livello di singolo impianto e non integrato con l'edificio, va ricalibrata a seconda della

specifica applicazione. La scelta possibile deriva da una corretta analisi del sito ed anche del contesto socio-economico e culturale.

A livello teorico le alternative preferibili, per applicazioni di fotovoltaico al centro-sud Italia, risultano le tipologie di impianti parzialmente integrati con e senza regime di scambio sul posto, che non in regime di scambio sul posto. Il Van, sia economico che finanziario, risulta positivo. La distinzione tra Van finanziario ed economico avvalorata, ulteriormente, la convenienza del fotovoltaico con l'incentivo.

Senza incentivo (tab. 14) sia l'analisi economica che finanziaria risultano negative eccezion fatta per l'analisi economica condotta con tasso di sconto pari a 0% o -1%, nel periodo di 40 anni. Lo strumento normativo è, pertanto, necessario nella promozione della tecnologia da fotovoltaico con gli attuali tassi di sconto. Nell'analisi economica sono stati inseriti soltanto gli effetti esterni relativi all'emissione di CO<sub>2</sub>, responsabile maggiore dell'effetto serra, senza considerare tutti gli effetti esterni relativi sia all'utilizzo del fotovoltaico, e delle rinnovabili in generale, che al disuso delle fonti energetiche convenzionali. Tali voci vengono omesse perché di difficile "individuazione" e, soprattutto, perché non è sempre possibile, né corretto, ridurle ad una dimensione numerica e/o monetaria.

Alla scala di micro-impianto, l'analisi finanziaria ed economica dimostrano la convenienza del fotovoltaico. L'analisi condotta per il "micro-impianto" considera l'interesse ed il benessere del singolo privato che vuole investire nel fotovoltaico e che, spesso, non è interessato a considerare tutti gli impatti relativi ai settori della comunità e del territorio. Se si amplia la prospettiva a scala di condominio o di quartiere diventa necessario considerare i diversi obiettivi ed interessi della collettività, gli impatti sul territorio e sull'ambiente e l'integrazione con gli elementi architettonici, nonché con le altre eventuali tecnologie legate alle rinnovabili ed al risparmio energetico.

Dimostrata quindi la fattibilità economico-finanziaria dell'impianto fotovoltaico a scala micro, l'analisi va condotta in maniera tale da

coinvolgere la collettività interessata ed il territorio di riferimento. Il doppio beneficio dell'analisi economico-finanziaria a scala di micro-impianto verifica la fattibilità dello stesso, la profittabilità della tariffa incentivante e le diverse opportunità di impiego. Pone, inoltre, un punto di partenza per ampliare l'analisi del contesto e dei diversi scenari di possibili applicazioni integrate. Il processo parte, dunque, dall'analisi economico-finanziaria per giungere ad un approccio valutativo integrato in grado di considerare le diverse implicazioni ed i possibili conflitti riscontrabili quando si amplia il campo di analisi

### ***18.2. L'analisi economica ad un tasso di sconto negativo***

L'analisi finanziaria ed economica, effettuata per il singolo impianto ad un tasso di sconto negativo, ha scopo esemplificativo di alcune considerazioni in merito alle ipotesi di impiego di detto tasso. L'uso di un tasso di sconto vicino allo zero è stato sperimentato soprattutto per investimenti relativi al sistema ambientale ed ai cambiamenti climatici (studio ExternE, ad esempio). Se si considera l'impianto fotovoltaico a scala micro, l'investimento ad un tasso di sconto negativo non è vantaggioso. Invece, se letto nel lungo periodo e ad una scala maggiore, è possibile considerare i benefici, derivanti dall'uso di tecnologie da fonti energetiche rinnovabili integrate, o di un impianto per la produzione di energia, per le questioni relative ai cambiamenti climatici ad esempio. In questo caso il tasso di sconto negativo fornisce maggiore importanza alle generazioni future. Le risorse "consumate" nel presente rappresentano comunque un costo per il futuro: con il tasso negativo lo diventano, però, per il presente.

I risultati dell'analisi finanziaria ed economica effettuate utilizzando un tasso di sconto negativo (in particolare  $-1\%$ ), confermano il trend positivo del Van verificato per gli altri tassi considerati. Non è stato utilizzato il Van come criterio di verifica per l'analisi finanziaria ed economica, ma il rapporto benefici costi (tab. 22 e fig. 17).

Il rapporto è superiore all'unità, anche senza incentivo, perciò il progetto può essere ritenuto valido. Adoperare una tasso di sconto

negativo in tali analisi, con le attuali regole di mercato, non è supportato da valide motivazioni. Alcuni esperti stanno tentando di fornire delle spiegazioni alternative all'impiego di tassi di sconto molto bassi e finanche negativi, applicati alle questioni ambientali, perseguendo obiettivi di lungo periodo.

Weitzman (1998) afferma che, se si applicano gli sconti standard agli effetti a lungo termine per tassi ragionevoli (superiori all'1-2% annui), non conta quello che succede fra qualche secolo. In ogni periodo, il tasso reale di interesse è determinato dalla produttività dell'investimento, ovvero il costo-opportunità sociale marginale ed è lo stesso per il futuro lontano. Tuttavia il futuro è incerto ed uno degli aspetti più incerti è proprio il tasso di sconto.

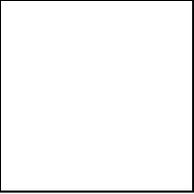
L'incertezza induce ad utilizzare un tasso di interesse futuro che decrescerà di molto nel futuro lontano. Se il periodo considerato diventa maggiore e tende all'infinito, il tasso di sconto si approssima al tasso più basso considerato (1%)<sup>59</sup> (Newell e Pizer, 2001).

59. I valori empirici sono di Newell e Pizer (2001) basati sui tassi dei buoni governativi americani.

Tabella 35 – Rapporto benefici costi: tasso -1%

Fotovoltaico 3kWp -1% R/C							
Modalità incentivo	Tipologia impianto	Analisi economica					
		Incentivo		Incentivo + conto capitale 20%		Conto capitale 75%	
		Inc 20 anni	Inc 40 anni	Inc + CC 20% 20 anni	Inc + CC 20% 40 anni	CC 75% 20 anni	CC 75% 40 anni
		<b>Scambio sul posto</b>	No Int	229,12	339,48	247,45	357,80
	No Int + 10%	243,41	353,77	261,74	372,09	154,92	265,27
	Int	252,94	363,30	271,26	381,62	154,92	265,27
	Int + 10%	269,62	379,97	287,94	398,29	154,92	265,27
	P Int	237,06	347,42	255,38	365,74	154,92	265,27
	P Int + 10%	252,15	362,50	270,47	380,82	154,92	265,27
<b>No scambio sul posto</b>	No Int	205,30	315,66	255,38	333,98	154,92	265,27
	Int	252,94	363,30	271,26	381,62	154,92	265,27
	P Int	237,06	347,42	223,63	365,74	154,92	265,27
<b>No scambio sul posto + casa passiva</b>	No Int	155,29	201,61	173,61	219,94	154,92	265,27
	Int	202,92	252,95	221,24	267,57	154,92	265,27
	P Int	187,04	233,37	205,37	251,69	154,92	265,27
<b>Senza incentivo</b>		86,81	196,57				





Il fatto che i tassi decrescano nel futuro è controverso, non esiste ragione per supporre una caduta della produttività, né tantomeno discussione sul tasso di preferenza temporale. Un suggerimento potrebbe essere quello di usare un *range* di tassi costanti all'inizio e, successivamente, dei tassi decrescenti. L'analisi finanziaria, al tasso di sconto negativo, non è significativa in tale investimento. Anche se conveniente rispetto al criterio adoperato, per la valutazione non risulterebbe profittevole agli occhi del privato investitore. Essa può avere senso in un'analisi economica nella quale vengono considerati, soprattutto, i danni creati all'ambiente ed alla salute. Tali effetti vengono, però, rilevati su scala globale e nel lunghissimo periodo, assumendo, per il futuro, un "peggioramento costante". Il fotovoltaico, seppure a scala micro, va ripensato in un contesto globale in cui le fonti energetiche rinnovabili, legate al risparmio energetico, possano fornire una risposta concreta al miglioramento della qualità della vita, ai cambiamenti climatici che, con i trend di riferimento attuali, delineano un futuro insostenibile per l'intero ecosistema. Per questo motivo i tassi molto bassi o addirittura negativi, vanno ripensati secondo formule incentivanti per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico (cfr. §§ 10. e 11.).

## **19. I benefici attuali della mitigazione dei cambiamenti climatici**

La maggior parte delle politiche ambientali comprende un *trade off* tra costi di breve periodo e benefici di lungo periodo. Gli investimenti nelle tecnologie, che utilizzano le fonti energetiche rinnovabili, richiedono disponibilità economiche considerevoli nel presente per avere un miglioramento ambientale nel tempo.

Come si possono confrontare costi e benefici separati da decenni o addirittura secoli? L'esperienza individuale di solito riguarda *trade off* relativi, al massimo, a venti o trent'anni. Il tasso di interesse di mercato ha un ruolo centrale consentendo di rendere confrontabili i costi ed i benefici nel medesimo intervallo temporale. Tale procedura viene definita *sconto*.

Il problema sorge quando si considera un tempo lungo e poiché i mercati considerano beni quelli che difficilmente superano i trent'anni, il tasso di interesse oltre tale periodo diventa ancora più incerto. Comprendere l'effetto dell'incertezza sul tasso di interesse e quantificare il suo impatto sulle valutazioni è una questione, che sta assumendo un ruolo centrale, soprattutto in campo "ecologico-ambientale".

I cambiamenti climatici rappresentano un esempio di quanto i benefici delle misure di mitigazione, legati alla permanenza dei gas serra, vadano considerati in un arco temporale maggiore.

Nonostante la grandezza potenziale degli effetti, virtualmente, tutti i modelli climatici e la maggior parte delle analisi economiche a lungo termine, ignorano la questione, producendo stime di costi e benefici nel momento in cui avvengono le conseguenze. L'approccio standard prevede la scelta di un unico tasso di interesse utilizzato per convertire valori in momenti diversi, in valori equivalenti su base annua.

Il termine *sconto* è riferito alla valutazione delle conseguenze future visto che gli individui, di solito, valutano il consumo futuro meno di quello attuale, cioè *scontano* il futuro. Per periodi inferiori ai trent'anni lo sconto è strettamente legato al tasso di interesse, il tasso con cui il reddito e la ricchezza vengono trattati nel tempo<sup>60</sup>. Il criterio tradizionale di investimento fornisce un altro modo per guardare alle ragioni che sono dietro lo sconto. Se le imprese private possono chiedere prestiti al 7%, per loro ogni investimento che rende più del 7% annuo è adeguato. Questo è il *valore attuale netto*: se l'insieme di benefici netti di un progetto scontato al 7% è maggiore di 0 allora il progetto è fattibile.

Per periodi superiori ai trent'anni, vanno considerate due questioni. La prima contempla pochi investimenti a basso rischio e, quindi, i tassi di interesse a lungo termine sono incerti. Dato l'orizzonte temporale, la

60. Ad esempio investire € 100 al 7% porta ad avere € 107 alla fine dell'anno, ciò implica che € 100 oggi equivalgono a € 107 l'anno prossimo imponendo, secondo il mercato, l'equivalenza tra questi valori almeno, pertanto € 107 l'anno prossimo valgono solo € 100 oggi. Si potrebbe affermare che il futuro, cioè l'anno prossimo, è scontato del 7%.

seconda prevede che le decisioni prese influenzino, non solo la generazione attuale, ma anche le future.

Molti economisti hanno ipotizzato che è eticamente indifendibile scontare l'*utilità* delle future generazioni, sebbene ciò non implichi un tasso di sconto pari a zero per il loro *consumo*. Inoltre il tasso di sconto intergenerazionale non ha bisogno di essere pari al tasso usato per gli individui all'interno della loro generazione. Questo approccio ha teso a semplificare il problema, applicando tassi più bassi per orizzonti temporali maggiori che, in tal modo, diventano "più vicini" (Weitzman, 1998; Newell e Pizer, 2001).

Usare tassi di sconto "intergenerazionali" bassi, o pari a 0, ha conseguenze anche sulle politiche pubbliche oltre che sulla mitigazione dei cambiamenti climatici. Una buona politica di governo dovrebbe tassare la generazione attuale ed usarne i proventi per investirli nel mercato privato a beneficio delle generazioni future, oppure valutare, con tassi bassi o nulli, tutte le attività finanziate dal governo con impatti a lungo termine (ricerche mediche, sviluppo di infrastrutture e misure ambientali). Tuttavia, le preoccupazioni sull'equità intergenerazionale, possono essere usate per difendere un tasso arbitrariamente basso ed eliminare l'effetto dell'incertezza. La teoria economica suggerisce, per comparare costi di breve periodo, con benefici ambientali a lungo termine, di scontare le conseguenze future secondo il tasso di mercato di rientro degli investimenti. Così ci si assicura che le politiche ambientali facciano aumentare il benessere come le altre attività produttive (Newell e Pizer, 2001).

Il riferimento è il tasso dei buoni governativi statunitensi, ma per politiche climatiche, con conseguenze a lungo termine, non ci sono mercati a basso rischio di riferimento per stabilire i tassi futuri.

Inoltre, i tassi di sconto bassi, fanno aumentare le valutazioni molto di più, di quanto i tassi alti le riducano. Confrontando direttamente i tassi di sconto, troviamo che la valutazione dei benefici futuri è meno sensibile alla scelta dell'attuale tasso di sconto se si considera l'incertezza. Usare uno "sconto standard", per le ricadute dei progetti nel futuro, comporta spesso un senso istintivo di errore.

Infatti, la logica dello sconto, obbliga a considerare di poco conto eventi eccezionali futuri. L'importanza di un cataclisma, che accadrà fra quattro secoli dovrebbe essere molto meno significativa per noi, oggi, rispetto all'importanza per uno che vivrà nei secoli futuri. La sensazione avvertita, tuttavia, è alquanto diversa, e cioè, semplicemente, non viene dato peso ad un fenomeno lontano nel futuro, detto "distanza empatica". Trattare eventi futuri solo come un altro termine da scontare allo stesso tasso costante esponenziale, ottenuto dall'estrapolazione dei tassi passati di rientro del capitale, non sembra essere corretto. Il futuro spesso viene scontato a tassi di interesse decrescenti. Come riconciliare i tassi di sconto "correnti" per il futuro prossimo, con quelli "bassi", per il futuro lontano?

Se c'è incertezza, su quasi tutto, nel futuro lontano, forse è perché l'incertezza fondamentale riguarda lo stesso tasso di sconto. Il problema è come scontare questo futuro in modo da fare il migliore investimento, ora, nell'attuale stato di incertezza, sugli altri interessi che saranno applicati.

Inoltre, per queste valutazioni ambientali, a lungo termine, la scelta ottimale di strumenti politici e livelli di costrizione imposti può essere indirizzata verso ciò che è ottimale per un tasso di interesse basso perché, a parità di atto, questa situazione ha relativamente più peso nel determinare la differenza attesa tra attuali costi e benefici scontati.

Ogni qualvolta l'individuo è chiamato a prendere una decisione si trova di fronte ad un problema di scelta tra più opzioni alternative, compresa quella del non intervento e, cioè, si vede costretto a compiere un processo di valutazione tra diverse possibilità, allo scopo di individuarne quella preferibile. Non è possibile, dunque, separare la questione delle scelte da quella della valutazione (Costanza et al., 1997).

Quando l'uomo decide di intervenire sul proprio ambiente naturale e costruito, il processo di valutazione diviene particolarmente difficile a causa della complessità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi naturali e sociali e, di conseguenza, dell'incertezza delle informazioni di cui si può disporre.

In questo caso, è necessario proiettare i problemi decisionali, e la valutazione in particolare, verso nuovi approcci multidimensionali, anche a costo di rendere le questioni relative alle scelte più difficili, problematiche e meno esplicite.

Allo stesso tempo, se è vero che non si può evitare il momento della valutazione, è necessario fare il possibile per renderlo quanto più comprensivo, riconoscendo obiettivi e valori, evidenziando le relazioni tra questi e l'importanza di ciascuno, assegnando pesi relativi a tutti i fattori significativi, individuali e sociali, che condizionano il processo di scelta, e che esprimono il modo con il quale una comunità o l'intera società guarda al mondo che la circonda (Costanza e Folke, 1997).

Pertanto, non è sufficiente operare una valutazione che, secondo l'approccio tradizionale, si limiti a prendere in esame soltanto la dimensione monetaria: una decisione dettata dall'unico scopo di perseguire l'obiettivo individualistico dell'efficienza economica rappresenta soltanto l'"illusione di una scelta razionale" (Schmookler, 1993).

## **20. L'architettura high tech e low tech: due prospettive di riferimento per lo sviluppo sostenibile nella progettazione**

In centro e nord Europa la sensibilità verso le tematiche ecologiche è un fenomeno culturale diffuso, rappresentando un potere politico ed economico. Un esempio, in tal senso, ne è la Germania dove, lo sviluppo sostenibile, ha oltrepassato lo stadio di "ideologia" per diventare un fattore economico e la qualità ambientale costituisce, spesso, il vettore di un'immagine moderna ed innovativa.

Anche se il boom mediatico della "qualità ambientale" si è avuto dopo il summit di Rio de Janeiro (1992), la consapevolezza della necessità di un'architettura ecologica esiste fin dagli anni settanta e, durante questo periodo, si è sviluppato anche un ampio dibattito sull'architettura cosiddetta *low-tech* o *high-tech*.

La prima scuola di pensiero, risalente agli anni settanta, in seguito alla crisi petrolifera, ha cercato di proporre "alternative ecologiche" nel

settore delle abitazioni e delle strutture educative e culturali, coinvolgendo gli utenti nell'elaborazione dei progetti, utilizzando materiali naturali, realizzando edifici per lo più "popolari". Rappresentanti del movimento sono, ad esempio, Lucien Kroll, Joachim Eble, Peter Hubner.

L'architettura dell'high-tech è simboleggiata dai complessi per uffici, dalle costruzioni spettacolari in vetro e metallo realizzate dai grandi protagonisti dell'architettura internazionale, che hanno avuto il merito di stimolare la diffusione di un certo tipo di orientamento e di soluzioni tecnologiche innovative. Un esempio è rappresentato da Norman Foster, Thomas Herzog, Richard Rogers, che hanno dato vita all'associazione READ<sup>61</sup> per riflettere sull'utilizzo delle energie rinnovabili in architettura. Queste architetture, dette "ecologiche" o "eco-compatibili", per l'uso delle nuove tecnologie, seppure criticate, soprattutto per alcuni aspetti tecnici come, ad esempio, il comfort termico in estate ed i consumi energetici in inverno, hanno, comunque, il merito di avere un effetto trainante. Difatti, molte innovazioni applicate a livello sperimentale in questi progetti, sono state poi realizzate ed utilizzate in edifici più modesti dove si sono rivelate molto efficaci. Oppure, sono servite da impulso per l'avvio di nuove attività o sviluppo di nuovi quartieri, come ad esempio la costruzione dell'Heliotrop di Friburgo, dell'architetto Disch. Nato come prototipo, ha poi visto l'applicazione di alcuni sistemi tecnologici nei vicini quartieri Solarsiedlung e Vauban, creando, pertanto, una serie di effetti a catena che non si fermano alla semplice "valutazione" dei costi/benefici del singolo manufatto. Ma tali esempi possono determinare una serie di altri esiti, non necessariamente vicini spazialmente allo stesso. Basti considerare l'effetto filiera che un esperimento come la Solar House, sempre a Friburgo, ha determinato, contribuendo ad esportare il lavoro di ricerca sull'idrogeno anche in altri contesti. O la spinta che ha influito sulla nascita di nuove aziende

61. Esempi rappresentativi sono diventati la torre della Commerzbank a Francoforte sul Meno, la cupola del Parlamento tedesco a Berlino, l'edificio per uffici di Duisburg, tutti di Foster. Ma c'è anche il quartiere sostenibile di Linz, in cui hanno preso parte anche gli architetti di READ.

legate alla ricerca, allo sviluppo ed alla promozione delle tecnologie collegate alle fonti energetiche rinnovabili.

Va, inoltre, considerato il valore simbolico, non solo dell'architettura in sé, ma anche dello spazio da essa connotato. Avvalendosi delle potenzialità delle tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili nel progetto di architettura, il valore dell'esperienza rappresenta un simbolo, che ha ricadute immateriali nel breve periodo (architettura come forma) ed economico-finanziarie nel medio-lungo termine. Pertanto, a partire dall'architettura come forma, il proposito è considerare e valutare gli impatti e gli effetti diretti, indiretti, indotti (in termini di occupazione, nuovi settori, nuove tipologie abitative, nuove politiche settoriali, ecc.), ed anche quelli esterni, difficilmente interiorizzabili in un'analisi prettamente finanziaria, mediante un'analisi multicriterio (multiattributo e multiattoriale). La costruzione di idonei criteri ed indicatori deve consentire la strutturazione di una matrice di valutazione che tenga conto dei diversi effetti esterni che un progetto di architettura, che interiorizza la questione energetica ed il nodo delle risorse, può determinare.

## **21. I programmi dell'Unione Europea per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico**

Le iniziative proposte dall'Unione Europea in favore delle fonti energetiche rinnovabili, un minore spreco di risorse e, dunque, una riduzione dei consumi, sono varie. Molti progetti pilota nascono e si sviluppano nei paesi dell'Europa del centro-nord, grazie ad una maggiore informazione ed una spiccata coscienza civile verso le tematiche ambientali. Le modalità di promozione sono differenti:

- sovvenzione di nuove iniziative attraverso bandi/call come Cepheus, Suhn&Shine, She, (Save, Altener, Thermie);
- selezione, promozione e premiazione di best practices, Concerto, Take off;
- promozione di politiche, Concerto I e II;

- programmi di incentivazione.

A titolo esemplificativo vengono sinteticamente riportati alcuni progetti europei che hanno agito da catalizzatore per la diffusione di esperienze in altri contesti.

Il progetto Cepheus, *Cost Efficient Passive Houses as European Standard*, per la realizzazione di “case passive” (cfr. parte I, §5.3.) Passiv Haus per il progetto Cepheus (tab. 23). Ha promosso la realizzazione di edifici a consumo energetico minore di 15 kWh/mqa, in paesi del centro e nord Europa, designando un nuovo standard energetico per l’edificio: la casa passiva. Gli standard del “basso consumo” non sono tuttavia uguali; ogni paese dovrebbe avere i propri corredati da idonee modalità applicative, rispetto ai consumi di riscaldamento, raffrescamento, elettricità, industria, costruzioni, ecc. A partire da tale progetto molti paesi si sono dotati di misure standard per il risparmio energetico. L’Italia vanta discrete esperienze a Bolzano con CasaClima (cfr. parte I, § 5.1.) ed in Trentino con la sperimentazione del software Phpp che prevede la sperimentazione della casa passiva italiana o anche mediterranea, con specifici requisiti:

- alta efficienza energetica (riscaldamento, raffrescamento, apparecchi elettrici);
- assenza di un sistema convenzionale di riscaldamento;
- copertura del fabbisogno termico (riscaldamento, acqua calda) mediante l’uso di fonti rinnovabili;
- raffrescamento estivo con scambiatori interrati;
- basso fabbisogno idrico;
- produzione di energia elettrica con pannelli fotovoltaici;
- uso di materiali, elementi e tecniche locali;
- costi di costruzione non superiori al 10-15% dei costi di un normale edificio paragonabile.

**Tabella 23 – Progetto Cepheus**

**Tabella 24 – Rielaborazione del data base del progetto europeo Take Off**

**Tabella 25 – Progetto Suhn**



Altro progetto interessante è Take Off che, attraverso una schematizzazione delle esperienze secondo specifiche categorie di riferimento, fornisce una comparazione tra le esperienze in esame consentendo di valutarle rispetto a precisi obiettivi (tab. 24). È riferito, in particolare, alla promozione di esperienze che sperimentano l'uso di fonti energetiche rinnovabili.

Il data base di Take Off prevede una sistematizzazione delle esperienze rispetto al livello territoriale (nazionale, regionale, urbano, isole, paesi in via di sviluppo) e di produzione (industriale) o promozione.

Gli esempi vengono poi categorizzati per tipologie di fonte energetica rinnovabile utilizzata. Il database è suddiviso per tipologia di progetto e per paesi in cui esso è localizzato.

Alla fine di ogni anno vengono presentati i progetto che hanno raggiunto migliori risultati rispetto agli obiettivi prefissati. La valutazione delle politiche non avviene, però, mediante dei criteri prestabiliti.

Dopo le prime campagne promozionali che mirano soprattutto alla diffusione della conoscenza di alcune tematiche, soprattutto legate al risparmio energetico ed alle fonti energetiche rinnovabili, sarebbe opportuno utilizzare un sistema di valutazione in grado di estrapolare dei precisi criteri per la comparazione delle pratiche, per favorire la corretta implementazione di altre esperienze.

È stato esaminato anche il progetto *Sustainable Energy in Housing Project* (Suhn&Shine) (tab. 25), che considera l'integrazione tra risparmio energetico e nuove tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili a livello di edificio residenziale, considerando gli stessi suddivisi per tipologia di impianto tecnologico. Esso ha previsto la sperimentazione in alcune città pilota del centro-nord Europa di esperienze sostenibili.

Nel progetto Sunh&Shine è evidente il tentativo di fornire una "lettura" strutturata dei casi studio mediante criteri, seppure legati alle tipologie tecnologiche adoperate.

L'analisi dei progetti europei è servita da spunto per considerare le esperienze già realizzate quale indirizzo per "rileggere" l'applicazione

delle tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili ed al risparmio energetico ad una scala maggiore del singolo impianto, esaminando edifici o quartieri.

I quartieri considerati non sono sempre inseriti all'interno di programmi europei di promozione, ma riescono ugualmente a diventare catalizzatori di sviluppo, come ad esempio il caso dei nuovi quartieri di espansione della cittadina di Friburgo, in Germania.

## **22. Le pratiche: esperienze di sostenibilità**

Sebbene l'interpretazione dello sviluppo sostenibile in chiave ambientalista sia sempre più frequente, va considerato che, una reale strategia di sostenibilità è caratterizzata dall'integrazione tra obiettivi ambientali, economici, socio-culturali ed anche istituzionali. L'approccio olistico mira al ricongiungimento delle forme di sviluppo di questi quattro aspetti (Bleischwitz e Hennicke, 2005).

Nonostante il termine venga ormai ampiamente utilizzato, è ancora lontano dall'essere tradotto in azioni pratiche. L'eco-efficienza è stata definita quale concetto e strategia in grado di sganciare lo sfruttamento della natura dall'attività economica necessaria a soddisfare i bisogni umani (benessere), affinché si rientri nella *carring capacity* e si possa garantire alle generazioni presenti e future equità nell'accesso all'ambiente ed al suo utilizzo (Eea, 1999). L'eco-efficienza mira, pertanto, ad uno sviluppo in grado di aumentare il benessere per tutti, diminuendo lo sfruttamento della natura.

La scarsità delle risorse, l'inquinamento atmosferico, il problema dello smaltimento dei rifiuti, solo per citare alcune questioni, hanno portato alcuni stati a rendersi conto della fragilità dell'ambiente, inducendoli ad adottare alcuni provvedimenti per la sua salvaguardia. Le politiche ambientali non devono essere, necessariamente, in contrasto con lo sviluppo economico. Anzi, la creazione di ricchezza può essere compatibile con l'attenuazione della pressione su ambiente e quindi, territorio e risorse.

La sfida posta dallo sviluppo sostenibile richiede una politica ambientale che consideri gli equilibri ecosistemici, la limitata disponibilità delle risorse e le condizioni economiche e sociali.

Il percorso di ricerca, verificata la convenienza economico-finanziaria del singolo impianto di fotovoltaico a scala micro e la possibilità di integrazione dello stesso, sia nell'impianto architettonico, che con le altre tipologie di fonti energetiche rinnovabili e misure per il risparmio energetico, passa ad esaminare l'applicazione a livello di quartiere, tenendo conto della sostenibilità sia economico-finanziaria, sia ecologica, sociale ed istituzionale.

### ***22.1. I quartieri sostenibili***

In Europa, sono stati realizzati numerosi progetti di sviluppo urbano, concepiti secondo approcci sostenibili. Da essi si evince che, l'attuazione di strategie di sostenibilità, può determinare risultati significativi se si opera a scala di quartiere.

Infatti, la dimensione del quartiere permettere di rendere concreti e monitorabili i sistemi di realizzazione, gestione e controllo dei processi (come, ad esempio, il consumo idrico ed energetico, l'inquinamento acustico, la raccolta differenziata dei rifiuti, l'uso della vegetazione negli spazi esterni, il coinvolgimento degli stakeholder, ecc.) ed, inoltre, consente di verificare gli effetti sulle trasformazioni urbane, tenendo conto delle dinamiche culturali, sociali ed economiche (Cerreta, 2004).

Una prima analisi di quartieri si sofferma, in particolare, sulla città di Friburgo, in Germania, considerata "città solare" per eccellenza (Fusco Girard e Nijkamp, 2004; Fusco Girard e You, 2006). Un primo tentativo di valutazione degli esempi considerati è stato effettuato proprio per tre nuovi quartieri di Friburgo, Vauban, Rieselfeld e Solar Siedlung, sviluppatasi a partire dagli anni novanta.

La città, localizzata nella regione del Baden-Whürttemberg tra la valle del Reno e la Foresta Nera, ha una superficie di poco più di 15.000 ettari di cui, oltre il 50%, occupato da spazi verdi. Fin dal 1975,

in occasione delle proteste e dell'occupazione dell'area destinata ad accogliere la centrale atomica di Wyhl, è diventata la "capitale ecologica" della Germania. Le proteste contro il nucleare sono state considerate come l'evento che ha consentito di fissare dei nuovi obiettivi, i quali hanno determinato i tre "pilastri" dello sviluppo: *risparmio energetico; fonti energetiche rinnovabili; nuove tecnologie*. I quartieri proposti rappresentano dei micro-risultati raggiunti ed, allo stesso tempo, esemplificano la visione strategica dello sviluppo stesso.

I criteri considerati per la prima valutazione, pur fornendo risultati significativi, hanno evidenziato la necessità di utilizzare altre esperienze per ampliare e migliorare la valutazione stessa sperimentando tecniche diverse e perfezionando la definizione stessa dei criteri. I metodi utilizzati per la valutazione, *ex post*, delle pratiche realizzate, generalmente adoperati in campo medico, sono alle prime sperimentazioni in economia e nel settore ambientale.

L'analisi si è pertanto estesa ad altri quartieri considerando, per la valutazione, anche esempi già esaminati in altri studi (Cerreta, 2004), nel tentativo di impiegare e sperimentare diverse tecniche di valutazione in grado di meglio rappresentare e definire le tematiche oggetto di studio.

Sono state anche prese in esame alcune note pratiche urbane che, in diverse realtà del centro-nord Europa, hanno reso operativi i principi della sostenibilità, analizzandole secondo approcci valutativi *ex post*.

La valutazione delle esperienze selezionate è stata interpretata come un processo strategico, in grado di individuare le fasi essenziali del progetto, di valutarne gli impatti e le possibili conseguenze, configurandosi come il nuovo punto di partenza necessario per migliorare l'approccio alle valutazioni *ex ante*, esplicitando la ciclicità del processo valutativo e riconoscendo la validità di un modello che parta dalla valutazione *ex post* delle pratiche per individuare i principi e le regole da applicare per migliorare la valutazione *ex ante* di nuovi progetti di sostenibilità.

A partire, quindi, dalle esperienze è stato possibile stabilire degli obiettivi iniziali comuni che, a loro volta, hanno permesso di

specificare dei criteri in grado di evidenziare le componenti del processo, individuandone fattori critici e di successo.

La combinazione di metodologie e tecniche differenti ha consentito di esplorare il campo delle decisioni a partire da una struttura sistematica delle informazioni, da un insieme di criteri operativi e chiaramente identificabili, e dalla possibilità di avvalersi sia di metodi quantitativi che qualitativi, in una prospettiva multidimensionale.

### **34.1. Vauban**

Il quartiere Vauban, ex quartiere militare, si sviluppa su un'area di 41 ettari e, dal 1992, è di proprietà comunale. Per esso viene bandito un concorso che ne ridisegni il sito. La proposta iniziale prevede l'abbattimento delle caserme, la distruzione del verde e la ricostruzione di nuove tipologie abitative a basso consumo energetico. Essa suscita una "sommosa popolare" che sfocia nella creazione dei gruppi: S.U.S.I. project e del Forum Vauban.

Il primo gruppo, insieme alle associazioni studentesche, si è occupato "materialmente" del recupero fisico delle caserme, creando degli alloggi sociali. Il secondo è diventato un forum permanente per il ridisegno, lo sviluppo e la gestione partecipata del quartiere. Per l'attuazione del Vauban sono state individuate delle priorità: tutela del verde, costruzioni a basso consumo energetico, coesistenza tra abitazioni e luoghi di lavoro, promozione del trasporto pubblico, ciclabile e pedonale, impianto di riscaldamento centralizzato a scala di quartiere, rapporto dinamico tra casa e spazi esterni. Il quartiere nasce per ospitare circa 5.000 abitanti, con 2.000 unità residenziali.

La Vauban allee rappresenta l'asse centrale dello sviluppo del quartiere ed il tracciato per la linea tranviaria. Viene privilegiato il trasporto pubblico, pedonale e ciclabile. L'uso delle automobili è ridotto e sono stati realizzati 2 garage collettivi; il limite di velocità imposto per le poche strade carrabili è di 30 km/h. La partecipazione è

assicurata dai *baugruppen*<sup>62</sup>, con l'obiettivo di giungere alla realizzazione di case frutto della cooperazione e della consultazione reale tra progettista e committente/i. Le abitazioni sono a basso consumo (65 kWh/mq), tuttavia molti abitanti hanno deciso di adottare uno standard migliore, quello della casa passiva, con un consumo di 15 kWh/mq all'anno.

**Figura 268 – Vauban**



<sup>62</sup>. Il *baugruppen* è una nuova forma di progettazione partecipata: prevede una lottizzazione di massima, operata dal comune, rispetto alla quale viene scelto un progetto preliminare tra varie proposte. L'architetto proponente ha diritto di prelazione sull'area ed un anno di tempo per cercare un gruppo di persone interessate ad avere un appartamento nell'edificio da lui proposto. Formato il *baugruppen*, letteralmente gruppo casa, si procede, con le famiglie coinvolte, con incontri utili a definire la progettazione esecutiva e la successiva costruzione dell'edificio.

È inoltre previsto l'utilizzo del solare termico per l'acqua calda. Il fotovoltaico è facoltativo ed è attualmente presente nel quartiere con una percentuale di circa 50%. Il sistema di riscaldamento è centralizzato per tutto il quartiere (serve anche il quartiere Solar Siedlung) ed è insieme centrale per l'impianto di riscaldamento e per la produzione di energia elettrica da "biomasse", alimentato cioè con "pellets", ricavate dai resti o riciclo del legno. Tra gli edifici rappresentativi del quartiere spiccano la cosiddetta Casa 037, il "Villaggio dello studente", il progetto pilota Wohnen und Arbeiten (abitare e lavorare).

#### **34..2. Rieselfeld**

Il quartiere Rieselfeld, come il Vauban, fa parte del piano di espansione della città, in linea con gli obiettivi di "politica ecologica" fissati dal comune. La sua progettazione ha inizio nei primi anni novanta con la creazione di un ufficio tecnico comunale ad hoc. I lavori iniziano nel 1994 e vengono distinti in quattro fasi. L'area è di circa 250 ha, di cui 70 destinati al residenziale con 4.200 unità residenziali per circa 10.000/12.000 abitanti.

Tra le norme previste per la costruzione sono obbligatorie le case a basso consumo (65 kWh/mqa). Anche in questo quartiere molte abitazioni hanno scelto di installare sistemi ad energia solare, termico e fotovoltaico. Il trasporto pubblico viene servito attraverso la rete tranviaria che passa per la Rieselfeld allee e diverse linee di autobus.

Il limite di velocità imposto nel quartiere (30-50 km/h) evidenzia, come nel Vauban, la priorità data ai pedoni, soprattutto ai bambini, che possono circolare e giocare liberamente all'interno del quartiere. L'ampio parco delimita il quartiere ed i giardini, spesso comuni a più abitazioni, facilitano la collaborazione tra i cittadini. Nel quartiere è attiva l'associazione *Kiosk* che organizza manifestazioni ed attività di interesse collettivo quali doposcuola o mediateca per bambini, feste e pranzi collettivi, all'interno di un edificio realizzato ad hoc.

**Figura 19 – Rieselfeld**



Quest'ultimo, concepito come “dimostratore” ha, sul tetto, un impianto fotovoltaico, installato dall'amministrazione comunale in collaborazione con Badenova<sup>63</sup>, la cui superficie è 160 mq con una produzione di circa 17.000 kWh. Sono previsti anche alloggi per persone meno abbienti, edifici multipiani (massimo quattro) costruiti grazie anche ad un programma nazionale che ha dato un contributo a fondo perduto del 30% dei costi di costruzione.

63. Badenova è la compagnia locale per la distribuzione dei servizi (energetici, idrici, per il gas ed i rifiuti).

### 34.3. Solar Siedlung

Solar Siedlung, conosciuto anche come il quartiere delle *plus energy houses*, è un prototipo progettato e realizzato dall'architetto Rolf Disch, che si è avvalso dell'investimento finanziario dei fratelli Ritter. Inizialmente l'area prevista per il quartiere era più ampia. Ridimensionata, per mancanza di altri investitori, dopo l'Expo di Hannover, attualmente si estende per 12.000 mq su cui insistono 50 abitazioni e, lungo il fronte stradale, un edificio per uffici ancora in costruzione che ospiterà, sul tetto, 8 ulteriori abitazioni.

Figura 20 – Solar Siedlung



Queste producono più energia di quanta ne consumino, in quanto l'intera copertura dell'abitazione è composta da pannelli fotovoltaici rivolti a sud e rappresentano anche una fonte di investimento per i

proprietari. Con una potenza massima di 7,5 kW, erogano in media 7.000 kWh all'anno.

Le case sono tutte passive ed il sistema di riscaldamento è collegato alla centrale del Vauban. Per la realizzazione e la vendita degli appartamenti è stata creata una società, la Solarsiedlung GmbH, che gestisce i rapporti con singoli privati interessati, che possono comperare, anche separatamente, l'appartamento ed il tetto fotovoltaico e si occupa, altresì, della vendita dei founds, cioè di quote, soprattutto per i tetti fotovoltaici, che permettano anche a piccoli investitori di avere un profitto. Ciascuna abitazione è dotata di un giardino privato. Non è prevista circolazione, né sosta o parcheggio di auto private. Gli abitanti possono fruire del *solar garage* del Vauban, sebbene circa il 90% non posseda un'auto propria.

#### **34..4. Viikki**

Lo sviluppo sostenibile ad Helsinki è stato attuato definendo una serie di priorità ambientali, in base alle quali la città è stata considerata come un "unico organismo". In accordo con questi principi e con il programma dell'Agenda 21, sono stati realizzati alcuni quartieri singolari come, ad esempio, il Viikki, il cui progetto ha avuto inizio nel 1994, quando il comune di Helsinki, insieme con il Group for Sustainable Cities Development, bandisce un concorso per la progettazione di un quartiere residenziale ecologico.

Nel 2000, si è conclusa la prima fase del progetto con la realizzazione di unità residenziali per 2.000 persone e la creazione di 2.000 posti di lavoro<sup>64</sup>.

Il Viikki occupa un'area di oltre 1.100 ettari e dispone di 63.000 mq adibiti a residenza. È localizzato a 7-8 km dal centro urbano di Helsinki, lungo una delle arterie principali, ed dista 20 minuti di automobile dall'aeroporto.

64. Il termine dei lavori è previsto per il 2010, data in cui sarà possibile ospitare 13.000 residenti ed offrire 6.000 posti di lavoro.

Figura 21 – Viikki



Il contesto circostante non è particolarmente urbanizzato ed è circondato da una riserva naturale. Il Viikki è concepito come quartiere universitario, dove l'università, un parco scientifico e centri per le biotecnologie rappresenteranno le strutture funzionali del quartiere. Per la sua realizzazione, il comune di Helsinki ha svolto un ruolo chiave nella gestione dell'intero processo, dove da un lato, si è inteso delineare le caratteristiche urbane dell'intervento e, dall'altro, realizzare abitazioni sperimentali economiche. Il bando è stato strutturato in modo da riflettere i requisiti imposti dal sistema di valutazione ambientale *Pimwag*, perseguendo alcuni obiettivi significativi, quali (Faninger-Lund, 2002):

- coniugare la fattibilità economica e la qualità architettonica;
- promuovere un mix di funzioni e di gruppi sociali;
- integrare servizi differenziati (scuole, negozi, attrezzature sportive, ecc.);
- educare al risparmio dell'acqua ed alla riduzione degli sprechi;
- conservare la varietà degli ecosistemi;
- utilizzare materiali ecologici, non tossici, con una lunga vita utile;

- trarre vantaggio dalle moderne tecnologie per migliorare la vita quotidiana;
- promuovere il coinvolgimento degli abitanti nella protezione ambientale;
- escludere l'utilizzo dell'automobile privata, dando la priorità al trasporto pubblico.

Gli edifici, alti dai quattro ai cinque piani, sono caratterizzati da una serie di corti urbane aperte, da giardini privati e da spazi pubblici, delimitati dalla posizione dei corpi di fabbrica ed orientati in modo da sfruttare al meglio la luce solare e non ombreggiarsi a vicenda.

Le scelte progettuali sono state finalizzate anche alla realizzazione di due nuclei urbani distinti e di un'opportuna integrazione funzionale, grazie alla realizzazione di residenze, di servizi ed attrezzature (scuole, asili, università, negozi, ecc.).

La dotazione di servizi contribuisce a ridurre l'esigenza di spostamenti al di fuori del quartiere e, di conseguenza, il volume di traffico veicolare. Il sistema della mobilità prevede la separazione tra traffico veicolare e pedonale, con una rete di percorsi distinti, ma anche un sistema di trasporto pubblico efficiente collegato alla rete di autobus e treni locali.

Nell'area meridionale del quartiere è stato realizzato un insediamento modello, l'*Ekoviikki*, promosso dal Ministero dell'ambiente finlandese, dall'Associazione nazionale degli architetti (Safa) e dall'Agenzia nazionale per la tecnologia (Tekes) (Engström, 2002). Concepito in termini ecologici, occupa una superficie di 64.000 mq ed è in grado di ospitare dai 1.700 ai 2.000 abitanti. Il progetto comprende nove edifici caratterizzati da un sistema integrato di energia solare, in grado di soddisfare circa la metà della domanda di acqua calda e di riscaldare gli ambienti interni delle abitazioni, raggiungendo un rendimento di circa 400 kWh/mq. Le esigenze di base in termini di riscaldamento sono fornite dal sistema a rete del quartiere. Il progetto è parte del programma europeo Thermie A ed il costo totale è di circa 800.000 euro.

Per la realizzazione dell'Ekoviikki sono stati seguiti dei cosiddetti "ecocriteri", riferiti ad alcune categorie significative come l'inquinamento, le risorse naturali, la salute e la biodiversità, coerenti con i principi del approccio Pimwag. D'altro canto, i differenti approcci orientati alla conservazione dell'energia negli edifici hanno avuto come obiettivo comune la riduzione della domanda di energia, che rende l'uso del fotovoltaico maggiormente significativo.

La realizzazione del quartiere Viikki è stata l'occasione per sperimentare una metodologia di intervento in grado di includere criteri ecologici nei progetti di sviluppo urbano e di dare concretezza ai principi della sostenibilità.

#### **34..5. Bed Zed**

Il quartiere Beddington Zero Energy Development (BedZed)<sup>65</sup> rappresenta un esperimento di successo, sensibile alle tematiche ambientali ed in grado di promuovere uno sviluppo degli usi misti del suolo efficiente dal punto vista energetico.

L'idea progettuale era strettamente legata alle caratteristiche dell'area, dotata di un eccellente sistema di collegamenti con la rete di trasporto pubblico locale. Il progetto si sviluppa su di un'area di 1,4 ettari, con circa 50 abitazioni per ettaro. Comprende 82 alloggi di quattro differenti tipologie, spazi commerciali per 1.695 mq e 18 unità da destinare alla vita quotidiana e/o al lavoro. Inoltre, include una serie di servizi come un centro medico, un asilo nido, due chiese, cinque caffè/ristoranti, cinque negozi, un bar/caffè con accesso ad internet, un campo sportivo (4.336 mq) con annesso attrezzature (538 mq).

65. Il progetto costituisce il primo esempio di costruzione di una comunità "neutra al carbonio", intesa come volontà di non contribuire all'immissione di biossido di carbonio nell'atmosfera. La sua realizzazione, terminata nel 2001, nasce dalla collaborazione tra il Bioregional Development Group, lo studio Bill Dunster Architects, lo studio Arup Partners, lo studio Ellis and Moore, Gardiner e Theobald e la Peabody Trust, nel ruolo di developer, con l'obiettivo di sviluppare un progetto innovativo che esplorasse le potenzialità di uno sviluppo urbano sostenibile ad alta densità (Aa.Vv., 2003).

Figura 22 – Bed Zed



Anticipando gli indirizzi espressi dalle recenti politiche di pianificazione, la strategia messa a punto comprende gli aspetti legati alla salubrità e quelli relativi alla sicurezza, un uso compatibile della risorsa idrica, il riciclaggio ed il contenimento dei rifiuti, fino a contemplare un sistema dei trasporti a basso impatto ambientale, che impiega automobili elettriche alimentate ad energia solare e sistemi di climatizzazione a basso consumo energetico.

L'approccio sostenibile ha determinato una serie di scelte progettuali e tecnologiche significative (l'impiego diffuso dei tetti giardino; l'utilizzo di materiali ecocompatibili; la realizzazione di impianti per lo sfruttamento della ventilazione naturale ed il recupero di calore; l'installazione di sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque piovane, ecc.).

Il costo complessivo delle infrastrutture è stato di circa 430.000 euro. Un costo aggiuntivo di 920.000 euro è stato stimato per l'unità Chp (88 euro/mq); mentre, l'alto costo dei pannelli fotovoltaici è stato coperto in parte da fondi europei, ed in parte da sussidi aggiuntivi provenienti dal governo britannico e dal fornitore locale di energia. Il costo di costruzione delle 82 unità residenziali è pari a 9.965.000 euro, con 34 unità destinate alla vendita in blocco, 23 in proprietà condivisa, 10 in affitto e 15 case sociali (Cerreta, 2004).

Per quel che riguarda l'impiego dei pannelli fotovoltaici, l'aspetto maggiormente innovativo si riferisce all'utilizzo dell'energia prodotta, che viene impiegata per alimentare 40 auto elettriche. È stato strutturato un piano dei trasporti "verde" nell'intento di promuovere l'utilizzo dei percorsi pedonali e ciclabili, nonché del sistema di trasporto pubblico, riducendo gli spostamenti casa-lavoro ed offrendo alternative concrete all'automobile privata. Il quartiere è diventato un "riferimento" per gli aspetti della sostenibilità sociale ed ambientale, dimostrando che queste strategie possono risultare anche vitali dal punto di vista economico. Il progetto, per il ricorso al fotovoltaico, per il sistema di cogenerazione di calore ed energia impiegato, per la concezione a basso consumo che lo caratterizza, tale da permettergli di soddisfare il proprio fabbisogno energetico unicamente con l'impiego di risorse rinnovabili, è stato insignito dell'Energy Globe Award 2002 in Austria<sup>66</sup>.

La realizzazione del quartiere Bedzed mostra come uno stile di vita "verde" rappresenti un'utopia concreta, attraente ed attuabile, in grado di integrare le logiche dell'efficienza energetica e dell'energia rinnovabile secondo un approccio eco-compatibile, che si riflette nelle scelte urbanistiche, formali, tipologiche e funzionali.

#### **34..6. Bo01**

Il quartiere Bo01 è parte integrante delle trasformazioni urbanistiche previste dal vasto programma di investimenti per lo sviluppo ecologico

66. Sempre nel 2002, il BedZed ha vinto il premio europeo EuroSolar per l'architettura degli Evening Standard New Homes.

della città di Malmö, attivato a partire dal 1995 nell'intento di accelerare lo sviluppo di una "Malmö sostenibile". Esso sorge all'interno di un'ampia zona residenziale sviluppata nell'ex area industriale di Västra Hamnen, adiacente al porto della città. Nonostante l'area selezionata fosse un sito industriale dimesso, la vicinanza al mare ed alla spiaggia di Ribersborg, nonché alla stazione centrale, hanno contribuito a renderla un luogo strategico.

Il nuovo quartiere nasce nell'intento di realizzare un modello di sostenibilità in grado di inserirsi in un'area urbana densamente costruita. Al 2001 sono stati realizzati soltanto 400 appartamenti dei 3.000 previsti. Una delle strategie alla base dell'intervento è dovuta all'esigenza che la richiesta di energia sia completamente soddisfatta dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, a partire dalle potenzialità locali. Infatti, obiettivo del pro-getto era quello di raggiungere un'"autonomia energetica" mediante l'impiego di fonti energetiche rinnovabili locali e trarre beneficio dalla sinergia di un approccio interdisciplinare. La soluzione energetica scelta per Malmö è parte di questo programma più ampio, supportato da tre questioni principali (Andersson e Lövehed, 2001):

- la produzione di energia da fonti energetiche locali rinnovabili;
- l'equilibrio tra produzione e consumo di energia;
- l'efficienza energetica.

Nel quartiere la produzione di elettricità dipende quasi completamente dall'energia eolica. Una turbina da 2 MW è stata realizzata ad una distanza di 3 km dal porto, ad ovest di Malmö, e costituisce una delle più potenti turbine realizzate in Svezia. La sua produzione annuale è stimata intorno ai 6,3 milioni di kWh, il che è ampiamente sufficiente per soddisfare i bisogni del Bo01 (consumo familiare, riscaldamento e rifornimento per i veicoli elettrici). Mediante una card elettronica è possibile gestire le operazioni di comando, controllo e monitoraggio. Allo stesso tempo sono stati installati pannelli fotovoltaici sui tetti degli edifici per una superficie di 120 mq che dovrebbero essere in grado di produrre 12.000 kWh e coprire i bisogni annuali di cinque appartamenti.

Il riscaldamento è prodotto dall'energia solare (15%) e dallo sfruttamento delle falde acquifere (energia idroelettrica) (85%), in grado di rifornire la rete urbana del quartiere. Il funzionamento reversibile della pompa consente anche il raffrescamento d'estate (3.000 MWh per 2,4 MW di energia). Circa 1.400 mq di collettori solari sono stati installati in otto unità abitative e forniscono il calore extra necessario per il riscaldamento delle abitazioni e per la produzione di acqua calda. La produzione annuale raggiunge i 525 MWh, con una media di 375 kWh/mq all'anno. È previsto anche l'utilizzo del biogas, ottenuto dai rifiuti dell'area ed utilizzato per riscaldare le abitazioni e fornire energia ai veicoli (Cerreta, 2004).

Nell'intento di raggiungere un rapporto di equilibrio tra produzione e consumo di energia, uno degli obiettivi è stato quello avvalersi al 100% delle fonti energetiche rinnovabili locali.

Il quartiere è stato progettato per minimizzare la dipendenza dall'automobile ed incrementare l'uso del trasporto pubblico. Esso è stato costruito anche con l'obiettivo di preservare la biodiversità<sup>67</sup>. È stata introdotta anche una nuova figura professionale: l'ecologo di quartiere.

Il Bo01 si caratterizza per un uso misto del territorio, in cui edifici residenziali, strutture commerciali e servizi sociali si integrano reciprocamente avvalendosi del contributo rilevante delle nuove tecnologie, nonché di soluzioni tecniche innovative e piacevoli, capaci di rendere il quartiere più attraente. Trasformare un ex sito industriale inquinato in un quartiere sostenibile rappresenta una sfida concreta. Nell'ottobre 2000, la città di Malmö è stata insignita del primo premio nell'ambito del concorso tra i paesi europei, che hanno dimostrato un comportamento esemplare nella Campaign for Take-Off, riservata alle iniziative maggiormente rilevanti per lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili.

67. Questo fattore può essere compreso tra 0 (zero) e 1 (uno), e dipende dalle caratteristiche e dalle tipologie delle aree verdi previste dal progetto. Ad esempio, per il Bo01 il fattore relativo alle corti ed agli spazi verdi delle abitazioni non è mai al di sotto dello 0,5 (Andersson e Lövehed, 2001).

### **34..7. Greenwich Millennium Village (Gmv)**

Il quartiere Gmv sorge su di un'area industriale dismessa resasi disponibile in seguito alla bonifica della Penisola di Greenwich, promossa dall'agenzia pubblica English Partnerships. Nel 1999, l'architetto Ralph Erskine Tovatt è stato incaricato di redigere il piano per il Gmv in maniera tale da riflettere i principi della sostenibilità e dell'ecocompatibilità, in coerenza con le prescrizioni del Building Research Establishment (Bre).

La London Borough di Greenwich ha attivato un'ampia consultazione con i diversi settori della comunità, intesa come parte integrante del processo nella fase di pianificazione, e come struttura permanente del quartiere nella fase di gestione, offrendo ai residenti la possibilità di controllare, dall'interno, le diverse fasi mediante l'istituzione di un *e-village*, una vera e propria comunità virtuale.

Il Gmv si estende su di una superficie di 13 ettari e comprende 2.934 abitazioni, la cui tipologia include sia unità residenziali isolate che edifici per appartamenti di differenti dimensioni. Il costo complessivo per la realizzazione del Gmv è stato di circa 360.000.000 euro, ma la rigenerazione dell'intera Penisola di Greenwich è stata in grado di attirare circa 580.000.000 euro di investimenti privati e determinare la creazione di più di 1.000 posti di lavoro. Si prevedono 25.000 posti di lavoro ed abitazioni per 28.000 persone.

Il processo di progettazione, concepito in termini integrati, ha riservato specifica attenzione all'energia solare, alla luce naturale ed al sistema di ventilazione. Grazie al miglioramento dei sistemi di isolamento è stata ottenuta una riduzione del 65% delle emissioni di CO<sub>2</sub>. È stato, inoltre, installato un sistema di teleriscaldamento basato su di una centrale di cogenerazione ad alta efficienza (Combined Heat Power Unit – Chp) alimentata a gas naturale, in grado di produrre anche l'energia elettrica necessaria all'abitato.

Il consumo di energia primaria si è ridotto dell'80%, mentre il consumo di acqua del 30%. In maniera analoga, l'energia incorporata ha subito una contrazione del 50%, ed i rifiuti prodotti nel corso del

processo costruttivo sono passati da 50 mc ad abitazione a 25 mc ad abitazione (Cerreta, 2004).

Per quel che riguarda il paesaggio, è stato realizzato un parco ecologico con un sistema artificiale di laghi, isolotti e marcite, che raccolgono e depurano, attraverso un percorso di circa un chilometro, l'acqua piovana. Inoltre, sono stati destinati più di 20 ettari ad area a parco e spazi aperti, piantando più di 12.000 alberi e centinaia di arbusti. Nel 2001 al progetto è stato attribuito l'Environmental Award del Property Awards e nel 2002 il quartiere ha vinto il premio Building Homes per il sistema di controllo della qualità.

#### **34..8. GWL-Terrein**

Il quartiere GWL-Terrein nato dal recupero di un'area industriale dismessa, si è sviluppato nell'ambito del programma di rinnovo urbano di Amsterdam, in cui sono state adottate alcune misure significative di intervento sostenibile sul territorio.

Il quartiere si estende su di un'area di sei ettari, al confine con la città medievale, ed è costituito da 600 unità residenziali e la realizzazione del progetto è avvenuta tra il 1994-1997.

La filosofia sottesa nasce dalla volontà di costruire un quartiere in grado di creare senso di appartenenza e responsabilità condivisa, migliorando le condizioni di vita e di sicurezza (Aa.Vv., 2000).

Lo sviluppo del quartiere si caratterizza per diverse componenti a carattere ecologico e sociale. Le strategie di intervento per la trasformazione del sito sono state incentrate su tre questioni ritenute maggiormente rilevanti: l'uso delle risorse, la comunità e la mobilità. Per la prima sono state adottate alcune misure di intervento come la rivitalizzazione dell'area; il rispetto degli standard costruttivi propri degli edifici a basso consumo energetico; la progettazione solare passiva; il riscaldamento delle abitazioni con l'impiego dell'energia solare e dei pannelli fotovoltaici ed anche di un sistema di cogenerazione alimentato da biogas, che fornisce elettricità e riscaldamento al quartiere; un sistema di canali per la raccolta

dell'acqua piovana per uso domestico connesso ad una rete secondaria; il trattamento del suolo in modo da garantire la massima permeabilità; la raccolta differenziata (carta e vetro) con postazioni lungo il perimetro del quartiere, nonché il trattamento dei rifiuti ed il compostaggio; la realizzazione di tetti-giardino; la promozione di usi misti del suolo che prevedano la presenza di attrezzature differenziate (Aa.Vv., 2000).

Il progetto si contraddistingue anche per la particolare attenzione riservata alla comunità, che è stata esplicitata mediante il coinvolgimento dei residenti nella fase di pianificazione e la loro rappresentanza istituzionalizzata nei processi decisionali. Il tema della mobilità è stato affrontato mediante l'integrazione tra sistemi di trasporto pubblico, reti pedonali e piste ciclabili. Il 57% dei residenti non possiede un'automobile ed il mezzo di trasporto maggiormente diffuso è la bicicletta (quattro biciclette ogni tre abitanti). Il 73% degli spostamenti, all'interno del quartiere, avviene con mezzi di trasporto non motorizzati, nell'ambito di un'area di 2-6 km, mentre il 39% dei residenti ha un abbonamento ai trasporti pubblici ed il 10% si avvale di un programma di car sharing. Per consentire ai visitatori di poter parcheggiare è stata prevista la realizzazione di un garage multipiano per 400 posti auto, localizzato in prossimità del quartiere.

Le strategie di intervento hanno previsto che le unità abitative fossero in parte di proprietà ed in parte in affitto (in percentuale del 50%), con una densità edilizia di 100 unità per ettaro. Il modello tipologico prevede blocchi terrazzati di cinque piani, e due edifici da cinque a dieci piani che si sviluppano lungo il perimetro dell'area e che contengono circa il 60% delle abitazioni.

L'innovazione, la creatività e la competenza sono alla base delle scelte progettuali che contraddistinguono il GWL-Terrein, in cui alcuni principi semplici sono divenuti elementi caratterizzanti del quartiere.

### 34.9. Gelsenkirchen Solar city

L'uso di visioni e immagini del futuro può essere uno strumento importante per lo sviluppo di strategie energetiche a lungo termine. Nel progetto Gelsenkirchen 2050 questo viene applicato all'intera regione.

La visione usa il metodo *backcasting*, secondo cui si analizza lo stato attuale e vengono sviluppate le tendenze e i criteri per la sostenibilità nel settore energetico. Vengono sviluppate immagini del futuro usando workshops e altri inputs. Le visioni sono paragonate alla situazione attuale e le tendenze vengono usate per la pianificazione strategica per i piani d'azione e per velocizzare i processi di cambiamento.

Il progetto Gelsenkirchen 2050 ha come scopo lo sviluppo verso la sostenibilità. La città e la regione saranno attivamente impegnate nello sviluppo di un sistema energetico sostenibile. C'è una forte tradizione di lavoro collettivo, nella regione. La minaccia al clima da parte dell'uso di combustibili fossili viene affrontata con la pianificazione strategica, il processo decisionale e le azioni forti. Il consumo a persona sarà la metà di quello attuale. Ottenere questo senza perdere benessere è una sfida possibile. Il miglioramento rapido a grande scala delle migliori tecnologie farà diminuire il fabbisogno per il riscaldamento, i servizi, il trasporto e la produzione. L'obiettivo è di utilizzare, entro il 2050 solo energia da fonti energetiche rinnovabili e ridurre di 1/3 i consumi. L'energia solare fornirà la metà del calore annuale necessario ad avere riscaldamento ed acqua calda.

La riduzione della quantità dei rifiuti è il primo passo verso la sostenibilità. Il secondo è il riuso dei prodotti, il riciclaggio dei materiali e dell'energia. L'ultimo è il trasporto a deposito. L'industria deve essere responsabile della riduzione dei rifiuti che si creano nel ciclo di produzione ed i consumatori di ciò che comprano. Prodotti che durino a lungo ed adatti all'ecosistema sono essenziali in un sistema ecociclico. Prima che diventino rifiuti, è necessario siano ottimizzati per una lunga vita che consenta il riuso, l'aggiornamento e le riparazioni.

Figura 23 – Gelsenkirchen



Gli obiettivi prefissati permetteranno di mantenere la fornitura d'acqua e l'immissione nella fogna il più liberi possibile da sostanze inquinanti per l'ambiente. La domanda di acqua pura richiede un ambiente pulito, e, quindi, dovrà esserci cooperazione a livello regionale. Le discariche in superficie non sono compatibili con una società ecociclica e, tale sistema di gestione prevede solo depositi finali sicuri, per esempio sotto uno strato di roccia.

In un futuro sostenibile si avrà la metà dei rifiuti attuali e verranno separati in frazioni. La parte non separabile passerà dal 70% al 4% grazie al cambiamento ed all'aumento di riparazione e riuso.

Con un design urbano compatto, è più facile ottenere un trasporto pubblico efficiente ed, allo stesso tempo, permettere di andare di più a piedi o in bicicletta. Un'infrastruttura variata con case, servizi, uffici, spazi verdi e luoghi di incontro rende la città più viva notte e giorno. Il

trasporto privato funzionerà con il *car sharing* ed i parcheggi possono essere adoperati per altri scopi.

Edifici efficienti dal punto di vista energetico sono necessari per prevenire cambiamenti climatici. Le misure adottate, oltre a far diminuire le emissioni di CO<sub>2</sub>, riducono i costi e consentono vantaggi per l'ambiente. Un migliore isolamento, finestre più efficaci e scambiatori di calore connessi all'aria di scarico e alle fognie sono tutti usati nelle ristrutturazioni e nella costruzione di nuovi edifici.

Edilizia, lavoro, servizi e tempo libero sono concentrati intorno a nodi di trasporto e piazze. Questo riduce la necessità di trasporto a breve raggio. I nodi sono importanti nelle aree meno dense e forniscono servizi. Un design urbano sostenibile si concentra sull'integrazione della struttura urbana con il sistema di trasporto pubblico. Ciò significa nuove linee per i pendolari, ferrovie leggere e tram. In alcuni casi le strade diventano ferrovie e vengono costruite nuovi tunnel e ponti per ferrovie e bici. L'attenzione pianificatoria si sposta dall'auto ai pedoni, le bici e il trasporto pubblico.

Tra la struttura urbana concentrata su piazze e nodi ci sono anche aree verdi per scopi ricreativi. La città sostenibile ha meno spazio per la auto e più per il verde. La vicinanza alle attività quotidiane facilita gli spostamenti brevi. In un futuro sostenibile la gente viaggerà di meno e le case saranno concentrate attorno a piazze con molti servizi.

Più tempo libero e l'uso di minore energia per viaggi brevi permette maggiori spostamenti lunghi, ma più lenti. Il tempo di viaggio su treni veloci può essere usato per riposo e svago. Aerei efficienti dal punto di vista energetico vengono usati per voli intercontinentali.

La società sostenibile è smaterializzata e lavora più con servizi, conoscenze ed esperienze piuttosto che con beni. Il trasporto si svolge per mare e per treno ed è coordinato da logistiche diverse.

In relazione alla difficile situazione economica, le autorità e il governo di Gelsenkirchen hanno avuto l'idea di condurre il cambiamento strutturale in una nuova direzione positiva senza trascurare lo sviluppo economico della regione: Gelsenkirchen, la "città

dell'energia". La "città dei 1.000 fuochi"<sup>68</sup> doveva diventare, la "città dei 1.000 soli", ovvero invertire il processo di produzione industriale, migliorando l'immagine dell'intera regione per attivare investimenti e lavoro di qualità. Dall'industria siderurgica alle fonti energetiche rinnovabili, non soltanto come produzione di energia elettrica, ma anche come "industria verde" legata alla produzione delle tecnologie innovative ad esse connesse.

Il parco scientifico Gelsenkirchen diventa il punto di partenza della strategia. Costruito al posto di una acciaieria vicino al centro, viene inaugurato nel 1995. Al centro di un'area di 45 ettari si costruisce un polo tecnologico con 9.000 mq per uffici e laboratori. L'edificio ha vinto molti premi per l'architettura industriale ed è considerato "uno dei migliori centri europei per imprese". Nel 1996 è stato costruito un impianto fotovoltaico di 210 KW, il più grande per l'epoca.

Avendo stabilito forti relazioni lavorative con le autorità locali e statali, le università, le istituzioni finanziarie ed il settore privato, il parco è diventato un motore di sviluppo di industria di energia solare: i moduli dell'impianto sono stati prodotti da una fabbrica locale che ha aumentato la sua scala e la produzione.

Dalla metà degli anni '90 un crescente numero di fabbriche nella regione si è occupato di pianificazione, installazione, manutenzione e marketing di energia solare, aumentando lo sviluppo di un settore di "servizi solari". Per sostenere questo sviluppo sono stati creati programmi di addestramento per architetti, developers e disoccupati molti dei quali iniziati e svolti dal Parco. Per aumentare la pubblica consapevolezza dell'enorme potenziale della tecnologia solare e per fornire una piattaforma di discussione e scambio tra esperti, il Parco organizza seminari, workshop e conferenze.

Alcuni notevoli progetti hanno fatto crescere il profilo di Gelsenkirchen come centro di tecnologie solari e rinnovabili:

- la fabbrica di celle solari tra le più grandi d'Europa, in funzione dal novembre 1999, è in grado di produrre fino a 25 MW. L'uso di

68. Immagine che deriva dalla presenza di industrie siderurgiche presenti nella cittadina nel periodo industriale ed, ormai, del tutto abbandonate.

tecnologie avanzate mira alla riduzione dei costi per rendere il fotovoltaico più fattibile, specie per i paesi con limitate capacità economiche;

- l'impianto fotovoltaico integrato, Academy Mt. Cenis, da 1 MW di potenza, con una batteria innovativa per immagazzinare l'energia e l'unità di cogenerazione alimentata a gas, apprezzato da architetti e ingegneri in tutto il mondo;
- l'impianto di biogas di Herten che può trasformare 18.000 tonnellate di rifiuti organici in metano e composti di alta qualità;
- le case solari a Gelsenkirchen. Architettura, materiali e tecnologie solari sono state usate per creare 72 case per famiglie. A causa del buon isolamento il consumo annuale per il riscaldamento è circa 40-60% meno della media. Il 65% dell'acqua calda è fornito da 440 mq di collettori solari, il 40% della domanda di energia è coperta da fotovoltaico (88 KW). Tutte le case hanno riscaldamenti a gas e sistemi per raccogliere ed usare l'acqua piovana. Questo è uno dei primi progetti del programma statale "50 case solari" lanciato dai ministeri dell'economia, della ricerca, delle costruzioni e dello sviluppo urbano nel 1997.

Per avere successo, la ristrutturazione economica di una regione deve evitare frazionamenti. Dovrebbe essere basata sulla storia e sul potenziale della gente (capitale umano). Per dare orientamento e coinvolgere quanta più gente possibile, è strumentale lo sviluppo di una discussione aperta sul nuovo paradigma del cambiamento. Lo slogan: "Gelsenkirchen città solare: dalla città dei 1.000 fuochi alla città dei 1.000 soli" è basato sulla storia di Gelsenkirchen come città dell'energia e mostra la strada verso il futuro dell'energia. Il parco tecnologico, come primo segno sul territorio, ed i progetti, realizzati in seguito, sono diventati manifestazioni visibili ed importanti di tale paradigma. Gli attori pubblici e privati più importanti e la società civile, hanno apertamente sostenuto l'idea di città solare e si sono impegnati in nuovi progetti. Le strategie di città solari offrono nuove opportunità per cooperazioni tra le nuove imprese solari e i settori tradizionali. Ad esempio, il fotovoltaico è una tecnologia a step multipli e molto

automizzata che va dall'estrazione del silicio alla produzione di wafers, alla manifattura delle celle e di moduli, all'installazione e la manutenzione per nominare solo le più importanti. L'ingegneria energetica e l'abilità meccanica sono sempre state cruciali per la città dell'energia, le industrie della zona si sono impegnate a soddisfare i bisogni. La strategia di città solari si è dimostrata uno strumento efficace per migliorare l'immagine di Gelsenkirchen, a medio termine questa immagine positiva può aiutare ad attrarre nuove imprese e lavoro specializzato, non solo nel settore dell'energia solare, ma anche in altri settori collegati.

#### **34..10. Le isole: Aroe e Gotland**

Le esperienze delle isole sono significative poiché le stesse rappresentano un possibile esempio di autosostenibilità, grazie soprattutto alla caratteristica territoriale che le contraddistingue. Le iniziative per la promozione delle "isole solari" sono state varie ma le più rilevanti, sono state realizzate nei mari dell'Europa del nord, in particolare sono state scelte Aroe, isola danese e Gotland, svedese.

Nel 1997 l'isola di Aroe ha preso parte ad un concorso per diventare l'isola danese ad energia rinnovabile, nell'ambito del progetto basato sul programma "Energy 21" del governo danese. Non viene selezionata ma continua a lavorare per adottare misure di risparmio energetico ed arrivare a rifornirsi di energia da fonti rinnovabili fino all'80-100% (entro il 2008).

Aroe si estende per 90 kmq ed ha 7.000 abitanti. È visitata da circa 300.000 turisti all'anno e si stima che all'incirca 8.000 di essi siano interessati a progetti energetici.

Il lavoro per l'energia rinnovabile comincia negli anni ottanta su iniziativa dei privati, degli uffici pubblici locali per l'energia e le compagnie di riscaldamento di quartiere.

L'obiettivo generale di raggiungere un'autosostenibilità energetica con le fonti rinnovabili, al 2008, si raggiunge attraverso specifici obiettivi:

- riduzione di CO<sub>2</sub> ed altri inquinanti generati dalla produzione di elettricità e calore e con la produzione locale sostenibile di energia;
- mantenimento o aumento dell'efficienza energetica delle industrie locali;
- creazione di nuovi posti di lavoro grazie all'autosufficienza;
- creazione di una abbondanza finanziaria perché il pagamento per la fornitura energetica resta in circolazione sull'isola;
- fornitura di energia, alla base dello sviluppo;
- aumento della partecipazione della gente allo sviluppo della "isola verde";
- aumento del turismo legato all'energia.

L'isola svedese Gotland ha molti progetti interessanti ed innovativi legati alle fonti energetiche rinnovabili e ne sta preparando altri. La posizione geografica la caratterizza quale località con maggior numero di ore di sole di tutta la Svezia ed è molto ventilata.

Questi beni naturali ed un'amministrazione locale concentrata sulla pianificazione ambientale strategica hanno portato alla realizzazione di molte iniziative che hanno reso l'isola uno dei più avanzati attori europei nel campo delle fonti energetiche rinnovabili.

Le centrali eoliche sono *off shore* e le centrali da biomassa, utilizzate per il riscaldamento, sono diffuse sull'intero territorio. Gran parte della città medievale di Visby, patrimonio mondiale, è riscaldata grazie ad energie rinnovabili e la popolazione locale è stata coinvolta. Nella scuola e nel centro comunitario viene portato avanti un esperimento educativo per creare consapevolezza ambientale dimostrando l'uso di energia solare ed eolica.

Il comune di Gotland ha iniziato una collaborazione con la Commissione Europea che mira, entro il 2025, a produrre energia da fonti rinnovabili che copra il 100% dei bisogni della collettività. Nel 1996 il comune ha stabilito che l'isola diventi una società sostenibile entro il 2025. Uno dei requisiti è ridurre i consumi di risorse ad un livello compatibile con la capacità della terra di rigenerarle, assicurandone la disponibilità per le generazioni future. Usare le fonti di energie rinnovabili quali solare, eolico, biomassa e geotermico aiuta

a ridurre la dipendenza da fonti limitate ed inquinanti, quali i combustibili fossili, ed il nucleare. La combinazione di energie rinnovabili e l'aumento dell'efficienza con cui vengono usate è una parte centrale della strategia per realizzare una società sostenibile.

La campagna per il decollo è parte integrante della Strategia comunitaria e del Piano di azione per le risorse rinnovabili, pensata quale *catalizzatore* per lo sviluppo del settore delle energie rinnovabili. Nel novembre 2000 la Commissione Europea ha adottato la "carta verde" verso una strategia europea per la sicurezza delle forniture. Essa delinea le basi di una strategia di lungo periodo secondo la quale l'UE deve equilibrare la sua politica di fornitura con chiare azioni in favore di una politica di ulteriore sostegno in favore delle fonti energetiche rinnovabili per raggiungere gli obiettivi proposti.

Accelerare la penetrazione delle fonti energetiche rinnovabili avrà un ruolo maggiore nel raggiungere l'obiettivo di riduzione di CO<sub>2</sub> aiutando anche a diminuire la dipendenza dall'energia fossile e offrendo opportunità imprenditoriali per le industrie europee.

Gli obiettivi della campagna promossa dall'isola di Gotland prevede:

- 1.000.000 di sistemi fotovoltaici;
- 15.000.000 di mq di collettori solari;
- 10.000 MW di turbine eoliche;
- 1.000.000 di abitazioni riscaldate da biomassa, 10.000 MWH di installazioni di calore e riscaldamento da biomassa;
- 1.000 MW di impianti a biogas;
- 5.000.000 di tonnellate di biocombustibili liquidi;
- 100 comunità alimentate al 100% da fonti energetiche rinnovabili.

La campagna delinea un quadro di azioni per esaltare le opportunità di investimento, attirare i fondi privati, incoraggiare la spesa pubblica. Sono previste anche campagne per la diffusione dei risultati, quali la pubblicazione di un catalogo annuale che elenchi i programmi ed i progetti realizzati, un sito web dedicato alla partnership, la distribuzione periodica di un cd-rom, che costituiscono gli strumenti chiave per la promozione della campagna stessa e la sua collaborazione con le industrie, i cittadini e le autorità pubbliche.

### **23. La valutazione delle pratiche**

La valutazione delle esperienze analizzate, in questo caso ex post, può essere interpretata come un processo strategico, in grado di individuare le fasi essenziali del progetto, di valutarne gli impatti e le possibili conseguenze, configurandosi come il nuovo punto di partenza necessario per migliorare l'approccio alle valutazioni ex ante, esplicitando la ciclicità del processo valutativo e riconoscendo la validità di un approccio che, parta dalla valutazione ex post delle pratiche, per individuare i principi e le regole da applicare per migliorare la valutazione ex ante di nuovi progetti di sostenibilità (Cerreta, 2004).

A partire, quindi, dalle esperienze è stato possibile individuare degli obiettivi comuni iniziali, che hanno permesso di specificare dei criteri in grado di evidenziare le componenti del processo, individuandone fattori critici e di successo. La combinazione dell'approccio per casi di studio e le valutazioni ex post sottintende la strutturazione di una "meta-analisi", caratterizzata da un'organizzazione sistematica delle informazioni, da un insieme di criteri operativi e chiaramente identificabili, e dalla possibilità di avvalersi sia di metodi quantitativi che qualitativi.

Il percorso metodologico si è avvalso, in particolare, delle potenzialità della rough set analysis quale approccio valutativo ex post, idoneo a sintetizzare gli aspetti maggiormente significativi, trasformare una raccolta di dati in conoscenza strutturata, delineare le lezioni trasferibili sotto forma di relazioni condizionali del tipo *if...then*, ovvero mediante l'identificazione di una gamma coerente di relazioni di causa-effetto (Greco et al., 1995).

Attraverso il processo valutativo ex post, è stato possibile ricostruire le fasi di realizzazione di ciascuna esperienza ed approfondire la conoscenza di alcune questioni maggiormente rilevanti, individuando una griglia di lettura adeguata per una corretta comparazione.

L'elaborazione di strategie di intervento che abbiano come obiettivo la conservazione integrata del patrimonio ambientale e costruito non può ignorare l'esigenza di ristabilire un "equilibrio" tra la necessità del

cambiamento e la richiesta di definire delle misure di intervento che possano guidare e controllare i processi in atto.

La ricerca di un tale equilibrio, d'altro canto, è propria dei processi di pianificazione tesi ad individuare gli strumenti ed a valutare i risultati delle azioni nell'interesse della comunità. Il dialogo tra "conservazione" e "sviluppo" consente, pertanto, di riflettere sull'importanza del cambiamento e di come sia possibile adattare il presente al futuro in un processo di mutuo supporto e di concreta interazione. La valutazione presenta, infatti, connotazioni diverse con riferimento al momento in cui è svolta: prima di iniziare un qualunque tipo di attività (ex-ante), in corso di realizzazione (in itinere), a conclusione dei programmi (conclusiva), quando si esaminano i risultati e si confrontano gli obiettivi programmati con quanto riscontrato nella realtà (ex-post).

La valutazione ex ante, che precede l'implementazione di una strategia, di un piano, di un programma, o di un progetto, costituisce il presupposto rispetto al quale costruire la scelta tra le possibili opzioni. Allo stesso tempo, le valutazioni in itinere, conclusive ed ex post consentono di monitorare le diverse fasi di implementazione, ma anche di verificare i risultati raggiunti (Lichfield et al., 1998; Lichfield, 2001).

Mediante le valutazioni ex post è possibile confrontare il mondo empirico ed il mondo dei modelli, promuovendo l'incontro tra i presupposti teorici ed i risultati ottenuti dall'esperienza concreta. A partire dall'esperienza è possibile avvalersi di processi valutativi che siano in grado di combinare la valutazione ex post con l'approccio per casi di studio (Yin, 2003) e che riconoscano nell'abduzione il principio guida. Infatti, si ritiene che l'approccio abduuttivo aiuti ad investigare sul rapporto che intercorre tra la realtà e la concezione della realtà (Ribeiro et al., 1995), valido per generare nuovi concetti e nuovi modelli teorici, piuttosto che confermare le teorie esistenti.

Che cosa apprendiamo dalla realtà e come apprendiamo rappresentano le due questioni cruciali, rispetto alle quali occorre far dialogare i riferimenti teorici e l'esperienza ed in questo senso, l'analisi dei casi di studio rappresenta uno strumento significativo per sviluppare

un approccio teorico a partire dalla realtà, in cui la comprensione in termini abduitivi delle caratteristiche e delle conseguenze di uno specifico caso richiede una visione integrata ed una combinazione sistematica di modelli teorici, realtà empirica, tipologia di approccio ed esperienza di riferimento (Dubois e Gadde, 2002).

Nel caso in esame, attraverso la valutazione ex post è stato possibile analizzare in modo critico i fattori che caratterizzano i progetti architettonici ed urbanistici di alcuni quartieri concepiti in chiave sostenibile, espressione di una cultura che vede il futuro a partire dall'individuazione dell'"alternativa ecologica". Mediante l'approccio per casi di studio, è stato possibile ricostruire le fasi di realizzazione di ciascuna esperienza ed approfondire la conoscenza di alcune questioni maggiormente rilevanti, individuando una griglia di lettura adeguata per una corretta comparazione.

Le pratiche di sostenibilità analizzate consentono di riflettere su quali possano essere le componenti di cui tener conto nella progettazione urbana di ambienti di vita a dimensione umana.

### ***23.1. L'approccio metodologico***

Per la valutazione dei "quartieri sostenibili" è stato seguito un percorso di analisi in grado di identificare le componenti caratterizzanti ciascun esempio ed individuare un "codice di lettura" comune, proprio delle azioni promosse da ogni pratica allo scopo di ottenere una "matrice delle informazioni" idonea per la valutazione ex post.

Una prima analisi e, conseguente valutazione, è stata strutturata per i tre quartieri di Friburgo (Vauban, Rieselfeld e Solar Siedlung).

Le pratiche di sostenibilità analizzate consentono di riflettere su quali possano essere le componenti di cui tener conto nella progettazione urbana di ambienti di vita a dimensione più umana. Emerge come, i successi maggiormente significativi, possano essere esaminati a partire da una visione di sostenibilità in grado di considerare alcuni obiettivi rilevanti, riconducibili al macro-obiettivo

dello sviluppo urbano sostenibile: buona governance, innovazione, efficienza energetica, efficienza economica, equità sociale.

Per ciascuno dei tre quartieri è stata strutturata una matrice in grado di leggere, rispetto agli obiettivi proposti, i risultati raggiunti. La fase iniziale di analisi ha visto l'individuazione di indicatori di tipo quantitativo e qualitativo<sup>69</sup>. Dalla “de-costruzione” del processo di realizzazione e gestione dei quartieri è stato possibile pervenire ad una matrice di sintesi, comprensiva di obiettivi, criteri ed indicatori utili alla comparazione delle tre alternative (fig. 24).

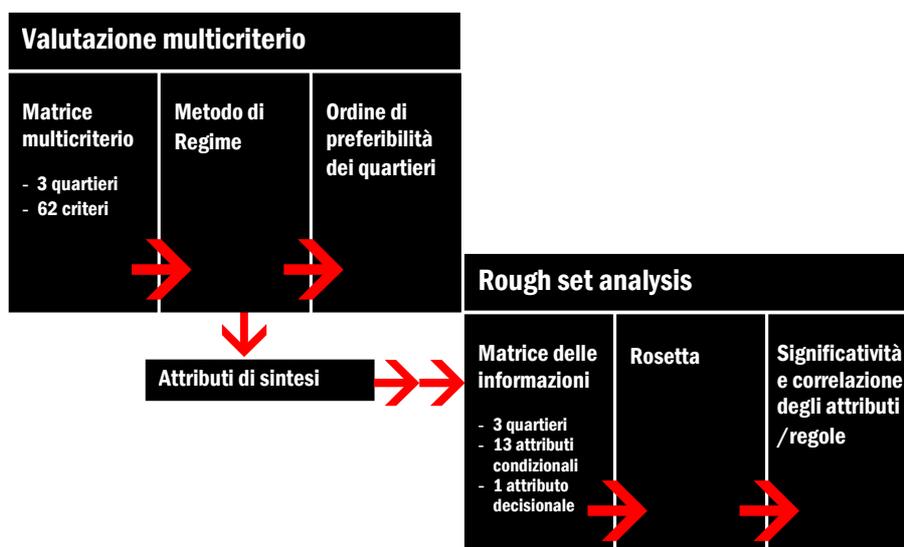
69. Tuttavia successivi approfondimenti permetteranno di affinare e migliorare gli indicatori proposti, adeguandoli in maniera coerente sia agli obiettivi che a nuovi esempi da analizzare.

**Figura 24 - Matrice di sintesi**



Per ciascun obiettivo è stato possibile strutturare i relativi criteri di valutazione, concepiti in modo da riflettere le iniziative maggiormente significative che i diversi quartieri hanno attuato. Mediante l'elaborazione di opportuni indicatori di risultato è stato possibile verificare come ciascuno sia riuscito a perseguire gli obiettivi prefissati. Esaminando ciascun criterio, con riferimento al relativo obiettivo sovraordinato, è possibile comprendere come determinate azioni attivate rappresentino la conseguenza di scelte strategiche di portata più ampia.

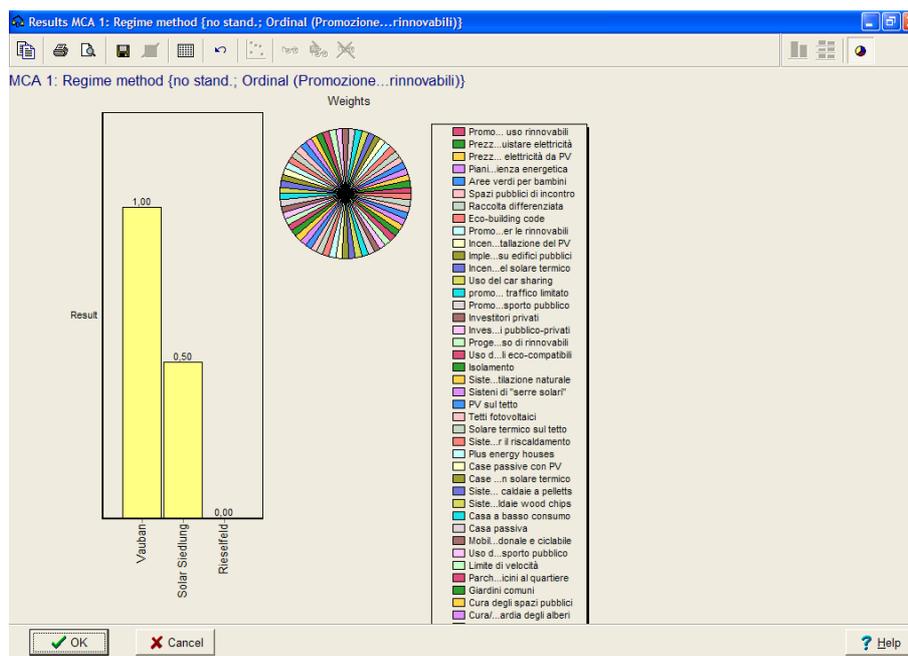
**Figura 25 – Approccio metodologico valutazione prima fase**



Gli indicatori, sebbene ancora in fase di verifica, permettono di comprendere alcune delle azioni promosse e realizzate da ciascun quartiere per il perseguimento della sostenibilità esplicitando il tipo ed il livello di risultati raggiunti dai quartieri in esame. La matrice di sintesi individuata ha semplificato l'applicazione della valutazione ex post mediante la rough set. L'analisi condotta per ciascuno dei tre quartieri ha permesso di pervenire all'identificazione di un "codice di

lettura” comune, proprio delle azioni promosse da ciascuna di esse, con lo scopo di strutturare un’idonea matrice di sintesi per valutazione ex post. L’approccio metodologico (fig. 25) si è avvalso delle potenzialità dei *metodi multicriterio* e della *rough set analysis*. Il Regime (Herwijnen e Janssen 1988; Herwijnen et al., 1992) (cfr. parte II, § 6.2.1.) è stato applicato non con l’intento di pervenire ad una graduatoria tra i quartieri, ma per determinare l’attributo decisionale necessario per la rough set analysis (cfr. parte II, § 7), individuando 3 classi di riferimento in grado di stabilire il “comportamento” di ciascuno in funzione del macro-obiettivo “sviluppo urbano sostenibile” (fig. 26).

**Figura 26 – Classificazione con il metodo di Regime**



Nella fase successiva sono stati individuati gli attributi condizionali da inserire nella matrice. In particolare, è stato utilizzato nuovamente il metodo di Regime per valutare il comportamento di ciascun criterio rispetto all'obiettivo corrispondente, così da ottenere degli attributi di sintesi rappresentativi dei casi selezionati da considerare come "attributi condizionali". I risultati della valutazione multicriterio hanno permesso di costruire la "matrice delle informazioni" utile per l'applicazione della rough set analysis, concepita disponendo nelle righe i quartieri e nelle colonne gli attributi. Questi ultimi si dividono in condizionali (attributi di background) e decisionali (attributi di risposta) (Baaijans e Nijkamp, 2000). La prima classe descrive l'obiettivo rilevante, la seconda è definita da tutti gli attributi che esso deve avere per essere selezionato come alternativa accettabile. Da una corretta costruzione della matrice, mediante classi appropriate di attributi, si perviene ad un'adeguata scelta multi-attributo da cui dedurre regole significative per mutuare l'approccio ad altri contesti e migliorando la costruzione di nuove politiche.

Per la rough set analysis il software applicato è il Rosetta V1.4.41 (Øhrn et al., 1997; Øhrn et al., 1998) (cfr. parte II, § 7.1.1.). I risultati dell'analisi degli impatti, sintetizzati nella matrice delle informazioni, sono stati opportunamente elaborati in modo da identificare le possibili relazioni di causa-effetto tra i dati valutabili, sottolineando l'importanza ed il ruolo strategico di alcuni fattori e la minore rilevanza di altri. Dalla matrice delle informazioni codificata, applicando un opportuno algoritmo, è possibile ottenere i *reduct*: in particolare, un *full reduct* che consente di determinare un set di attributi minimi definendo la dipendenza relativa; ed un *object related reduct*, con cui si determina un set di regole di decisione su di una base considerata oggettiva.

A questo ultimo tipo di reduct sono connesse le regole decisionali, che individuano i legami che intercorrono tra i differenti attributi considerati. L'utilità delle regole è rappresentata, in questo caso, dall'opportunità di costruire nuove alternative a partire dai risultati ottenuti. L'attributo decisionale viene messo in relazione con gli altri attributi identificandone la dipendenza del tipo *if...then* e consentendo

di esplicitare le combinazioni che possono condizionare il processo decisionale (fig. 27).

Figura 27 – Le regole

Rule	LHS Support	RHS Support	RHS Accuracy	LHS Coverage	RHS Coverage	RHS Stabili
1	introtti(0) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
2	linee guida locali(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
3	linee guida locali(0.47) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
4	linee guida locali(0.3) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
5	partecipazione locale(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
6	uso di rinnovabili(1) AND prezzi di mercato(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
7	promozione politiche trasporto pubblico(0.75) AND prezzi di mercato(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
8	uso di tecnologie innovative(1) AND eco-consapevolezza(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
9	promozione politiche trasporto pubblico(0.75) AND eco-consapevolezza(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
10	eco-consapevolezza(1) AND uso efficiente delle risorse(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
11	riduzione consumi(1) AND prezzi di mercato(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
12	uso efficiente delle risorse(1) AND prezzi di mercato(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
13	riduzione consumi(1) AND eco-consapevolezza(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
14	uso di rinnovabili(1) AND eco-consapevolezza(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
15	uso di tecnologie innovative(1) AND prezzi di mercato(1) => sviluppo urbano sostenibile(3)	1	1	1.0	0.333333	1.0
16	uso di tecnologie innovative(0) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
17	uso efficiente delle risorse(0) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
18	riduzione consumi(0) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
19	promozione politiche trasporto pubblico(0) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
20	uso di rinnovabili(0) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
21	eco-consapevolezza(1) AND introiti(1) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
22	prezzi di mercato(1) AND introiti(1) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
23	prezzi di mercato(1) AND partecipazione locale(0) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
24	eco-consapevolezza(1) AND partecipazione locale(0) => sviluppo urbano sostenibile(1)	1	1	1.0	0.333333	1.0
25	prezzi di mercato(0) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
26	eco-consapevolezza(0) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
27	uso di tecnologie innovative(1) AND introiti(1) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
28	uso efficiente delle risorse(1) AND introiti(1) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
29	promozione politiche trasporto pubblico(0.75) AND introiti(1) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
30	uso di tecnologie innovative(1) AND partecipazione locale(0) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
31	riduzione consumi(1) AND introiti(1) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
32	uso di rinnovabili(1) AND partecipazione locale(0) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
33	uso di rinnovabili(1) AND introiti(1) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
34	promozione politiche trasporto pubblico(0.75) AND partecipazione locale(0) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
35	riduzione consumi(1) AND partecipazione locale(0) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0
36	uso efficiente delle risorse(1) AND partecipazione locale(0) => sviluppo urbano sostenibile(2)	1	1	1.0	0.333333	1.0

Dall'analisi della matrice delle regole emerge che: *l'uso di fonti energetiche rinnovabili & i prezzi di mercato => sviluppo urbano sostenibile*, così come *la promozione politiche trasporto pubblico & i prezzi di mercato => sviluppo urbano sostenibile*; oppure *l'uso di tecnologie innovative & l'eco-consapevolezza => sviluppo urbano sostenibile*, ed ancora *la promozione politiche trasporto pubblico & l'eco-consapevolezza => sviluppo urbano sostenibile*. Tali regole evidenziano non soltanto uno stretto legame tra i singoli criteri proposti, ma anche una interrelazione tra i diversi obiettivi corrispondenti, *efficienza energetica, efficienza economica e buona*

*governance*, che implicano necessariamente una visione integrata dei rispettivi settori di riferimento.

Ed ancora lo sviluppo urbano sostenibile è frutto della correlazione di altri criteri quali *l'eco-consapevolezza & l'uso efficiente delle risorse, la riduzione consumi & i prezzi di mercato, l'uso efficiente delle risorse & i prezzi di mercato, l'uso di tecnologie innovative & i prezzi di mercato* o ancora *la riduzione consumi & l'eco-consapevolezza*.

Pertanto, dall'esame delle regole è possibile evidenziare quali siano i fattori rilevanti che hanno determinato il successo delle esperienze analizzate, giungendo alla definizione delle regole decisionali idonee all'istruzione di nuovi processi di realizzazione/riqualificazione di quartieri sostenibili individuabili come linee guida generali per migliorare la valutazione ex ante.

I risultati ottenuti in questa fase vanno considerati come una conclusione aperta, in cui la comparazione dei tre quartieri proposta evidenzia come la valutazione, e quella ex post in particolare, sia una fase utile alla dimostrazione della fattibilità economico-finanziaria, nonché sociale della eco-efficienza.

Le fonti energetiche rinnovabili diventano strumentali allo sviluppo ed è la centralità assunta da un luogo, da un monumento, da un particolare manufatto a fungere da catalizzatore e da moltiplicatore per la crescita di altri settori. Pertanto ruolo rilevante assume la valutazione che, a partire dalle tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili tenta, attraverso opportuni criteri ed indicatori, di comprendere, mediante successi e/o fallimenti di esempi realizzati, vantaggi e svantaggi di uno sviluppo eco-efficiente e di pervenire all'integrazione tra conservazione di valori intrinseci (futuri) e la convenienza economica (attuale); proponendo, cioè, una verifica della fattibilità finanziaria, da raggiungere mediante nuovi approcci gestionali, con i quali rendere conveniente l'uso delle nuove risorse energetiche. Il concetto di eco-efficienza implica, infatti, il perseguimento del profitto dell'attività economica riducendo al tempo stesso l'impatto ambientale di un'azienda o di un prodotto.

Il nodo dell'energia può essere in grado di integrare i diversi sistemi promuovendo una politica di sviluppo che da settoriale diventa sistemica. Il decollo delle fonti rinnovabili e di conseguenza delle tecnologie ad esse collegate, non ha un'importanza fine a se stessa o legata allo sviluppo del solo settore energetico, è necessario, invece, valutare tutti gli effetti diretti, indiretti ed indotti che il loro utilizzo, se adeguatamente inserito in un piano strategico, può determinare (Fusco Girard e Nijkamp, 2004).

Un secondo step ha visto la valutazione di altre pratiche<sup>70</sup> in quanto la metodologia utilizzata prevede migliori risultati confrontando un maggior numero di esperienze. La valutazione dei tre quartieri è stato un efficace punto di partenza per consentire un maggiore approfondimento dei criteri per la comparazione delle esperienze sostenibili.

L'approccio orientato ai diversi casi studio<sup>71</sup> è stato utile per selezionare, a partire dalla realtà delle esperienze, i criteri e gli indicatori significativi per la descrizione e la valutazione dei risultati, tenendo conto delle tipologie e delle categorie di interventi che hanno realmente contribuito ad una trasformazione sostenibile del territorio.

Nella valutazione l'obiettivo dello sviluppo sostenibile è stato declinato in sei dimensioni ed i successi maggiormente significativi possono essere esaminati a partire da una visione di sostenibilità in grado di tener conto di dette dimensioni rilevanti (Nijkamp et al., 1993; Fusco Girard et al., 2003a; 2003b; Cerreta, 2004): l'*ecoware*, l'*hardware*, il *finware*, l'*orgware*, il *software* ed il *civicware*.

Ciascuna dimensione è chiaramente interrelata con le altre e risulta indispensabile tener conto delle connessioni che sussistono nell'intento di individuare strategie di intervento integrate. Esse consentono di esplicitare le componenti essenziali che possono incidere in modo

70. Non tutte le esperienze analizzate (cfr. §§ 8.1.1. – 8.1.10) in quanto non tutte le informazioni, al momento disponibili, risultano uniformi e comparabili per un corretto inserimento nella matrice di valutazione dei metodi utilizzati.

71. I quartieri valutati nella seconda fase sono otto: ai tre quartieri di Friburgo si sono aggiunti il Viikki, Bo01, GWL-Terrein, Bed-Zed e Gmv.

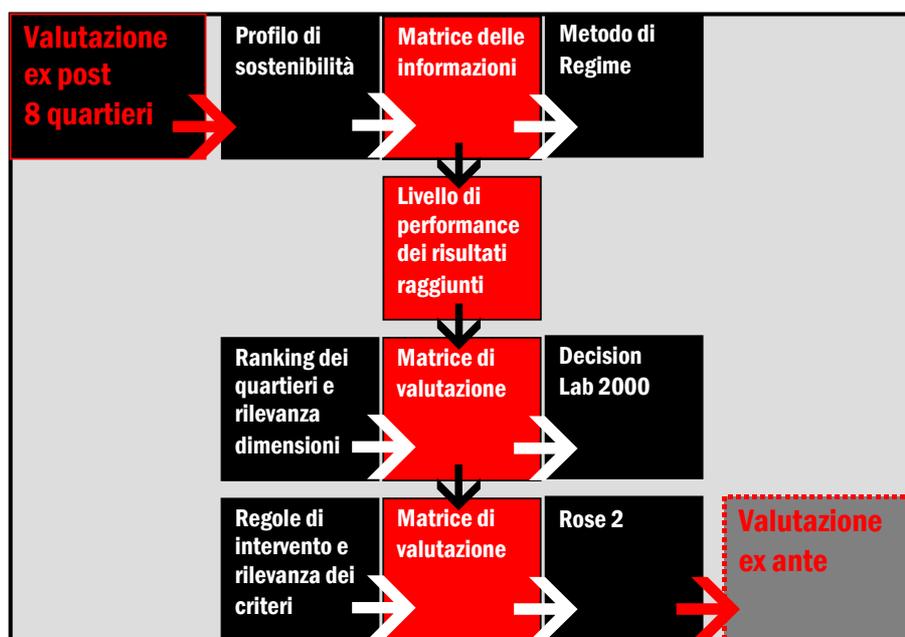
rilevante sulla costruzione di scelte sostenibili. La riflessione sulle sei dimensioni aiuta a riconoscere i legami di interdipendenza e di integrazione che sussistono tra i rispettivi domini mediante l'individuazione di una struttura logica di riferimento. Infatti, a partire dall'analisi delle esperienze, è stato possibile individuare per ciascuna dimensione, criteri comuni agli otto casi di studio.

In particolare, la dimensione dell'*ecoware* fa riferimento al capitale naturale, ed include, tra i criteri, l'ambiente e le risorse naturali, il paesaggio, l'energia, i rifiuti, con specifica attenzione per i temi ecologici ed ambientali, il consumo delle risorse non rinnovabili, e le diverse forme di inquinamento; la dimensione dell'*hardware* considera il capitale manufatto e può far rientrare tra i criteri l'ambiente costruito, l'edificio, i trasporti, l'uso del suolo, le tecnologie ed i sistemi costruttivi; la dimensione del *finware* esplicita gli aspetti legati al capitale economico-finanziario mediante criteri come i finanziamenti, gli incentivi e i sussidi, i costi, la vitalità economica; la dimensione dell'*orgware* si riferisce al capitale istituzionale, alla capacità di strutturare e coordinare i processi, di attivare politiche e strategie e può essere esplicitata mediante criteri riferiti alle norme e regolamenti, alla governance locale, alla partnership; la dimensione del *software* fa riferimento al capitale umano, al *know how*, alla capacità di investire in conoscenza e può tener conto di alcuni criteri come l'educazione e la sensibilizzazione, la formazione e le competenze, l'innovazione e la creatività; la dimensione del *civicware* esprime il capitale sociale e considera criteri come la partecipazione, l'equità e l'inclusione sociale, la qualità della vita (Fusco Girard et al., 2003; Cerreta, 2004).

L'approccio metodologico (fig. 28) si è avvalso, anche in questo caso, delle potenzialità dei metodi multicriterio per definire la significatività delle pratiche rispetto alle tematiche della sostenibilità. In particolare, a partire dalla sistematizzazione delle informazioni raccolte ed espresse attraverso gli indicatori di risultato, è stato applicato il metodo di Regime per rendere esplicito il livello di soddisfacimento di ciascun criterio.

Il metodo di Regime, incluso nel software Definite 2000 (cfr. parte II, § 6.2.1.), costituisce un sistema di supporto alle decisioni già sperimentato per la strutturazione di strategie di intervento proprie delle politiche, strettamente connesse con la pianificazione del territorio. La struttura del metodo si basa su due elementi essenziali: una matrice degli impatti ed un insieme di pesi da attribuire ai criteri. Un ruolo significativo è svolto dai pesi, che sono esplicitativi delle informazioni riguardanti l'importanza relativa dei criteri nell'ambito della valutazione.

Figura 28 – Approccio metodologico seconda fase



Nel caso in esame è stato attribuito ai criteri il medesimo peso: in questo modo è stato possibile verificare come ciascun quartiere si comportasse nei confronti del criterio in esame, ottenendo un indice sintetico che fosse rappresentativo degli indicatori selezionati. L'indice

sintetico esprime il livello di performance dei diversi indicatori selezionati rispetto al criterio con riferimento a ciascuna delle esperienze analizzate, ed esplicitati nella “matrice delle informazioni”.

I dati contenuti nella “matrice delle informazioni” hanno permesso di costruire la “matrice di valutazione”, concepita disponendo nelle righe i quartieri e nelle colonne le dimensioni individuate (ecoware, hardware, finware, orgware, software, civicware) ed i relativi criteri.

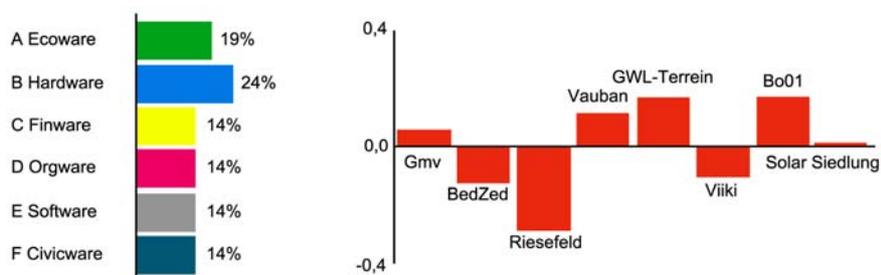
**Tabella 26– Matrice di valutazione**

Dimensioni della sostenibilità	Criteri	Quartieri							
		Gmv	BedZed	Rieselfeld	Vauban	GWL-Terrein	Viikki	Bo0 1	Solar Siedlung
<b>A – Ecoware</b>	<b>Ambiente e risorse naturali (A1)</b>	1	0,57	0,57	0,14	0,29	0,86	0,57	0
	<b>Paesaggio (A2)</b>	0,43	0,14	0,29	0,71	0,71	0,71	1	0
	<b>Energia (A3)</b>	0,21	0,43	0	0,64	0,43	0,43	0,93	0,93
	<b>Rifiuti (A4)</b>	0,93	0,21	0	0,5	0,71	0,5	0,21	0,93
<b>B - Hardware</b>	<b>Ambiente costruito (B1)</b>	0,43	0,36	0,79	0,21	0,79	0,43	1	0
	<b>Edifici (B2)</b>	0,86	0,71	0,07	0,07	0,36	0,36	0,57	1
	<b>Trasporti (B3)</b>	0,36	0,64	0,36	0,64	0,93	0,07	0,07	0,93
	<b>Uso del suolo (B4)</b>	0,50	0,21	0,36	0,71	0,71	0,71	0,71	0,07
	<b>Tecnologie e sistemi costruttivi (B5)</b>	0,57	0,93	0,07	0,64	0,07	0,29	0,64	0,79
<b>C – Finware</b>	<b>Finanziamenti, incentivi e sussidi (C1)</b>	0,07	0,50	0,93	0,93	0,36	0,07	0,43	0,79
	<b>Costi (C2)</b>	0,43	0,43	0,43	0,43	0,93	0,43	0,43	0,50
	<b>Vitalità economica (C3)</b>	1	0,29	0,43	0,79	0,29	0,21	0,29	0,71
<b>D – Orgware</b>	<b>Leggi e norme (D1)</b>	0,07	0,86	0,07	0,46	0,46	0,46	0,86	0,86
	<b>Governance locale (D2)</b>	0,86	0,36	0,36	0,86	0,86	0,36	0,36	0
	<b>Partnership (D3)</b>	0,86	0,50	0,14	0,50	0,29	0,86	0,86	0
<b>E – Software</b>	<b>Educazione e sensibilizzazione (E1)</b>	0,43	0	0,57	1	0,57	0,57	0,57	0,29
	<b>Formazione e conoscenza (E2)</b>	0,21	0,21	0,86	0,21	0,86	0,21	0,86	0,57
	<b>Innovazione e creatività (E3)</b>	0,43	0,50	0	0,43	0,43	0,71	0,50	1
<b>F - Civicware</b>	<b>Partecipazione (F1)</b>	0,71	0,07	0,71	0,71	0,71	0,29	0,71	0,07
	<b>Equità ed inclusione sociale (F2)</b>	0,57	0,57	0,57	0,93	0,93	0,21	0,21	0
	<b>Qualità della vita (F3)</b>	0,71	0,71	0,14	0,14	0,43	0,71	0,14	1

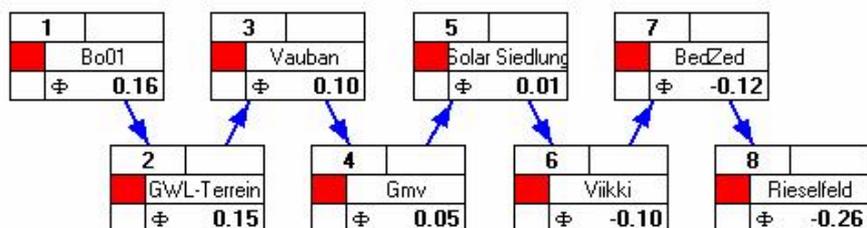
La matrice di valutazione ha consentito di strutturare una comparazione tra gli otto quartieri in esame, analizzando la significatività dei criteri rispetto alle sei dimensioni della sostenibilità.

Sono state utilizzate le potenzialità del Decision Lab 2000 (cfr. Parte II, § 6.2.2.) per evidenziare i punti di forza e debolezza, di conflitto e di consenso, cercando di individuare il giusto compromesso per risolvere questione con criteri spesso confliggenti.

**Figura 29 – The walking weights**



**Figura 30 – Il ranking**



Nel caso in esame, la valutazione ex post ha permesso di analizzare, in maniera critica, i fattori che caratterizzano i processi di trasformazione urbana sostenibile, con specifica attenzione alle esperienze degli otto quartieri. Attraverso una specifica sezione del Decision Lab (the walking weights) è possibile avere una visione chiara

e completa dei caratteri confliggenti dei criteri considerati con la possibilità di modificare i pesi ed osservare le relative modifiche. Nel caso in esame le sei dimensioni hanno lo stesso peso<sup>72</sup> (fig. 29).

Le potenzialità del Decision Lab non vengono utilizzate, in questo caso specifico, per definire una “classificazione” delle pratiche (fig. 30), ma per verificarne il comportamento rispetto ai criteri di riferimento, utilizzando l’altro strumento reso disponibile dal software, il *Gaia Plane* (*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*)

Il Gaia Plane viene adoperato per ottenere una rappresentazione grafica delle relazioni di dominanza. Esso fornisce al *decision maker* un potente strumento di analisi della diversa importanza dei criteri e dei loro aspetti confliggenti.

Considerando la proiezione  $\gamma_i$  dei vettori unitari  $k$  sul Gaia Plan, tali assi hanno una differente lunghezza e posizione che determinano una diversa interpretazione dei criteri stessi.

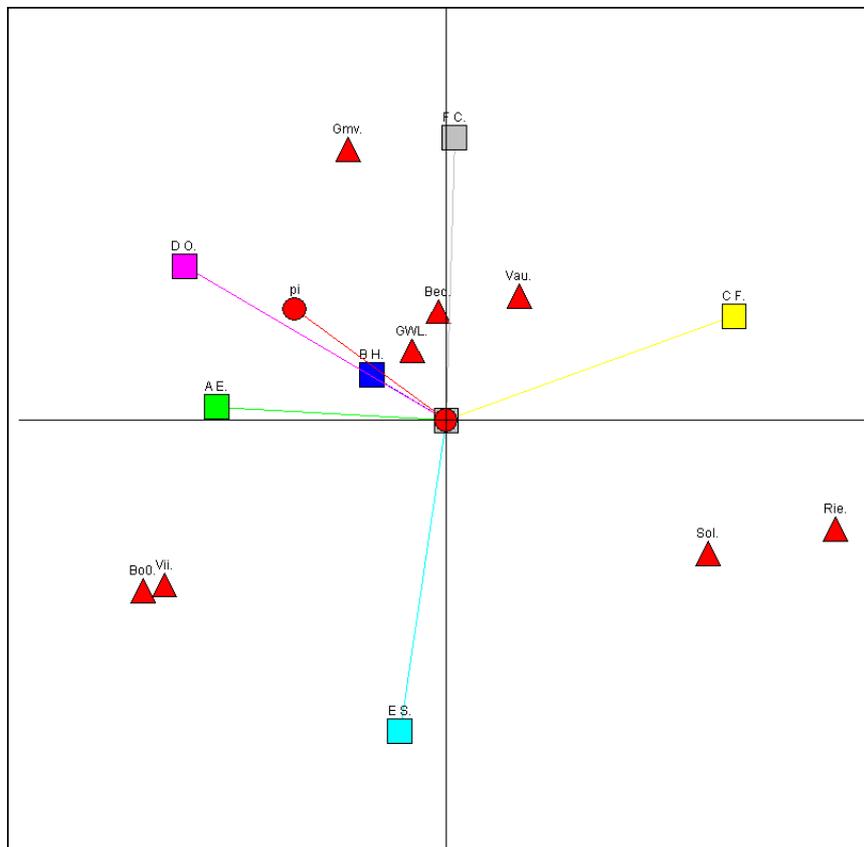
Le informazioni relative ad un problema di valutazione che include le sei dimensioni può essere rappresentato usando il Gaia Plan:

- Ecoware, Hardware ed Orgware sono nello stesso quadrante.
- Orgware ed Hardware sono orientati all’incirca nella stessa direzione.
- Finware, Civicware e Software sono dimensioni indipendenti e sono rappresentate da assi quasi ortogonali.
- Civicware e Software sono in conflitto ed hanno direzioni opposte.

Pertanto ci può essere una diversa importanza dei criteri: più lungo è  $\gamma_i$  più tale criterio differenzia le alternative; se i criteri hanno una rappresentazione degli assi tra loro perpendicolare avranno covarianza nulla, cioè saranno tra loro indipendenti; se la covarianza è negativa, cioè se gli assi hanno direzione opposta, i criteri saranno confliggenti; se invece gli assi rappresentativi dei criteri sono orientati approssimativamente nella stessa direzione (covarianza positiva), esprimeranno la stessa preferenza (criteri simili) (fig. 31).

72. Prevalgono i criteri con un maggior numero di indicatori.

Figura 31 – Gaia Plan



Il Decision Lab 2000, mediante il Promethee ed il Gaia plan, permette di leggere il comportamento delle dimensioni, considerando i criteri corrispondenti (cfr. allegati).

L'applicazione del Decision Lab 2000 consente di pervenire ad un ordine di preferibilità dei quartieri valutati rispetto ai criteri ed alle dimensioni considerate (ecoware, hardware, finware, orgware, software, civicware). Tuttavia l'obiettivo della valutazione non è tanto quello di stabilire quale sia il progetto preferibile, quanto piuttosto comprendere quali criteri risultino maggiormente rilevanti nel definire una strategia di sostenibilità. Pertanto, la stessa matrice di valutazione

(cfr. tab. 26), opportunamente codificata, è stata impiegata per l'applicazione del software Rose2 (*Rough Sets Data Explorer*) (cfr. parte II, § 7.1.2.), che rientra tra i metodi propri della rough set analysis. In genere, il metodo è utilizzato per valutare insiemi di dati selezionati sulla base di relazioni di similitudine, identificate attraverso un approccio induttivo.

**Figura 32 – Le regole di supporto alla decisione**

```

LEM2
C:\
objects = 8
attributes = 22
decision = b1
classes = {1, 2, 3, 4, 5}

rule 1. {B4 = 2} => {b1 = 1}; [2, 2, 100.00%, 100.00%][2, 0, 0, 0, 0]
{2, 3}, {0, 0, 0, 0}
rule 2. {B5 = 2} => {b1 = 2}; [1, 1, 100.00%, 100.00%][0, 1, 0, 0, 0]
{0, 6}, {0, 0, 0, 0}
rule 3. {D2 = 5} & {E2 = 2} => {b1 = 3}; [2, 2, 100.00%, 100.00%][0, 0, 2, 0, 0]
{0, 0, 1, 4}, {0, 0, 0}
rule 4. {A1 = 2} => {b1 = 4}; [1, 1, 100.00%, 100.00%][0, 0, 0, 1, 0]
{0, 0, 0, 5}, {0}
rule 5. {A3 = 5} => {b1 = 5}; [2, 2, 100.00%, 100.00%][0, 0, 0, 0, 2]
{0, 0, 0, 0, 7, 8}

```

Nel caso in esame, il Rose2 è stato applicato per classificare i criteri utilizzati per la valutazione multicriterio, nell'intento di individuare delle “regole decisionali” utili per migliorare il processo valutativo ex ante. Ai 21 criteri è stato aggiunto un ulteriore criterio (l'attributo decisionale), ottenuto tenendo conto dei risultati della valutazione effettuata con il Promethee II. Applicando il software è stato possibile ricavare un insieme di “regole decisionali” (fig. 32) che evidenziano il ruolo che alcuni attributi hanno assunto nei processi di trasformazione analizzati.

In particolare, si evince che i criteri “energia” (A3), e “governance locale” (D2) combinata con “formazione e conoscenza” (E2)

costituiscono le questioni maggiormente significative, che hanno contribuito al successo delle pratiche analizzate. Gli altri criteri rilevanti sono individuabili in “uso del suolo” (B4), “tecnologie e sistemi costruttivi” (B5) e “ambiente e risorse naturali” (A1). I risultati ottenuti sono coerenti con quanto emerso dall’analisi del Gaia plan, e contribuiscono a sottolineare l’importanza delle dimensioni dell’ecoware, dell’hardware e dell’orgware nella costruzione di pratiche sostenibili.

Il percorso valutativo seguito ha permesso di analizzare alcuni esempi sostenibili, nell’intento di predisporre un meccanismo di verifica, basato sul monitoraggio continuo degli impatti economici, socio-culturali ed ambientali delle scelte effettuate e dei risultati ottenuti. Attraverso un processo valutativo che ricostruisce a ritroso le fasi del progetto, è stato possibile identificare gli aspetti significativi che le hanno contraddistinte, nonché le ragioni del successo e/o fallimento. In questa prospettiva, volendo apprendere dall’esperienza, è possibile avvalersi di approcci valutativi ex post in grado di esplicitare le componenti rilevanti del processo, di analizzare i fattori critici e di identificare la significatività del cambiamento. “Apprendere dalla comparazione” rappresenta l’obiettivo ed, allo stesso tempo, il risultato delle valutazioni ex post che consentono l’acquisizione di nuova esperienza trasferibile in altri contesti, nell’intento di migliorare le valutazioni ex ante. L’applicazione combinata di metodi differenti ha consentito di analizzare come i principi della sostenibilità siano stati implementati nelle pratiche di progettazione e di pianificazione urbana, contribuendo al diffondersi di una serie di esperienze significative che si contraddistinguono per la promozione di alcuni caratteri innovativi (come l’utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, di sistemi tecnologici avanzati, di processi di educazione e sensibilizzazione bottom-up, ecc.), ma anche per la valorizzazione e la tutela delle risorse e dei valori esistenti (Fusco Girard e Cerreta, 2001). L’attenzione alle molteplici dimensioni compresenti può assumere una diversa graduatoria di priorità in base alle specificità del contesto a cui si riferiscono e può essere modificata e ridefinita in funzione dei bisogni, determinando, di

volta in volta, soluzioni differenti. In questa prospettiva, la scala urbana del quartiere si è rivelata utile per comprendere le dinamiche che possono svilupparsi ed il tipo di componenti di cui è necessario tener conto se si vuole progettare e realizzare un catalizzatore di valori urbani positivi.

## **24. Le modalità di finanziamento**

Le esperienze analizzate hanno evidenziato nuove possibilità per un'inversione di tendenza nelle economie locali che possono sia svilupparsi secondo politiche urbane dettate da attori pubblici locali lungimiranti, che dal basso, grazie ad una coscienza civile diffusa sugli aspetti relativi alle tematiche ambientali e di protezione del clima.

Il passaggio dalla convenienza teorica all'applicazione pratica si scontra, pertanto, con le problematiche che sono alla base di un corretto, ordinato e regolamentato sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili connesse con misure per il risparmio energetico: la carenza di informazioni e gli investimenti finanziari.

Le due questioni sono fortemente legate in quanto una corretta informazione consente di verificare ed utilizzare adeguate opportunità di finanziamento.

### ***24.1. Strategie per la promozione e l'implementazione del risparmio energetico e delle fonti energetiche rinnovabili***

Le nuove tecnologie per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili destano interesse, la loro disponibilità dipende sostanzialmente dal flusso di energia solare (circa 15.000 volte superiore all'attuale consumo energetico mondiale) e non hanno emissioni di inquinanti chimici e di anidride carbonica.

Tale energia si manifesta per il 66,5% sotto forma di calore sensibile (sfruttabile da collettori solari o pannelli fotovoltaici), per il 33,2% come energia potenziale (in gran parte già sfruttata da impianti

idroelettrici), per lo 0,2% come energia cinetica (sfruttabile da generatori eolici o impianti off shore che sfruttano il moto ondoso), la parte residua contribuisce alla fotosintesi clorofilliana (cioè alla produzione di biomassa). A questa si aggiunge l'energia geotermica (Zorzoli, 2005).

Tuttavia vi sono alcune considerazioni da tenere presenti quali ad esempio la disponibilità discontinua (giorno/notte) e/o aleatoria (andamenti metereologici) delle stesse fonti, a meno di ricorrere a sistemi di accumulo o integrazione con altre fonti con conseguenti penalizzazioni economiche.

Mentre sta diventando più vantaggiosa la produzione di tecnologie legate all'eolico, quella legata al solare risulta troppo elevata per rendere la produzione di energia competitiva rispetto alle fonti convenzionali. Poiché la superficie occupata da un impianto fotovoltaico è elevata (circa 1-2 ettari per MW), la maggiore quota di mercato appartiene ai sistemi integrati nell'edificio (tetti, facciate): in tal modo il costo del terreno è già incluso in quello dell'edificio come anche quello della struttura di supporto, tenendo conto del valore del materiale da costruzione che sostituisce. La risorsa maggiormente sfruttata è rappresentata dalle biomasse che, con l'inclusione dei rifiuti solidi urbani introduce, oltre alla combustione diretta per la generazione elettrica anche due processi di digestione anaerobica (produzione di biogas in assenza di ossigeno) o massificazione (si produce un gas combustibile in ambiente ad elevata temperatura).

Le motivazioni a favore di un uso razionale dell'energia elettrica riguardano, in sostanza, la riduzione di consumi da fonti convenzionali, la limitazione della costruzione di nuovi impianti di generazione o supplire alla loro carenza numerica, ridurre l'impatto ambientale. Quest'ultima motivazione risulta essere la più rilevante a livello internazionale.

L'obiettivo dell'efficienza energetica può essere raggiunto aumentando il rendimento della generazione elettrica, riducendo le perdite nel trasporto e distribuzione, promuovendo interventi che incentivino un uso più razionale dell'energia da parte dell'utente.

L'applicazione e la produzione a scala micro, nell'edilizia, potrebbe diventare un *sistema* dando vita, al tempo stesso, alla grande produzione (sistemica). La diffusione delle fonti energetiche rinnovabili è possibile, tuttavia la normativa da sola non basta, ci vuole un cambiamento culturale già avvenuto in centro e nord Europa. Gli attori da coinvolgere sono tanti e nella fase di analisi per l'implementazione delle fonti energetiche rinnovabili vanno considerati tutti ed ai differenti livelli del processo.

La scala micro permette la partecipazione della popolazione. La scala di edificio/quartiere serve per innescare ed implementare il cambiamento culturale. Mentre si lavora in "laboratorio" a livello nazionale per la macro produzione/distribuzione, trasporti, ecc.; la scala micro comporta anche "ripensare" alle implicazioni che le nuove tecnologie legate alle fonti energetiche rinnovabili ed il risparmio energetico comportano nel progetto di architettura/edilizia.

Ripensare il progetto non significa soltanto migliorare le strutture, ma richiede di considerare il contesto in cui quotidianamente viviamo e lavoriamo. In una casa la maggior parte di energia serve a garantire il comfort termico negli ambienti, riscaldandoli o raffrescandoli. Un primo passo da fare, per bruciare meno combustibili, è riducendo la dispersione, isolando l'edificio.

Si può anche non consumare del tutto, come avviene ad esempio nelle case a "energia zero" costruite a Goteborg o le "passiv haus" tedesche. Per ottenere questo vanno però riconsiderati i regolamenti edilizi che non devono essere in contrasto con queste tipologie di edifici imponendo ad esempio un target massimo di consumo per kWh/mq all'anno. In Italia l'unica eccezione è la provincia autonoma di Bolzano che ha imposto lo standard CasaClima, anche se vi sono anche altre realtà che stanno tentando di incamerare degli "standard energetici" per migliorare l'efficienza e ridurre consumi ed emissioni (ad esempio il comune di Carugate). Anche il legame tra comfort termico estivo e consumi di energia è fortemente condizionato dalle scelte progettuali (ad esempio la ventilazione naturale, l'esposizione delle vetrate, ecc.) (Butera, 2004).

Tra i modelli per l'implementazione a scala micro di misure per l'efficienza ed il risparmio energetica e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, a titolo esemplificativo sono stati considerati approcci differenti, le *Esco* ed una tipologia attivata da alcune scuole tedesche con il progetto pilota *Eco-Watt*.

## **24.2. Il finanziamento tramite terzi**

### **10.2.1. Le Energy Services Company**

Le Società di Servizi Energetici, ovvero *Esco*, nascono negli Stati Uniti verso la fine degli anni settanta per rispondere, concretamente, alla richiesta di risparmio in termini energetici e di risorse, nel settore pubblico e privato. Dopo circa 30 anni di attività in USA, le *Esco* si stanno sviluppando anche in Europa, grazie anche a programmi di supporto dell'Unione Europea (*Thermie*, *Save*, *Altener*, ecc.). Obiettivo delle *Esco* è ottenere un risparmio attraverso il miglioramento dell'efficienza, in particolare energetica, per conto della propria clientela, utente di energia. In particolare gli interventi tecnici necessari vengono effettuati mediante investimenti sostenuti dalle stesse *Esco* e non dal cliente. L'utente non dovrà preoccuparsi di finanziare i miglioramenti da apportare agli impianti e le società si ripagano l'investimento ed il costo dei servizi erogati con una quota del risparmio conseguito grazie all'intervento. Il profitto delle *Esco* è legato al risparmio energetico conseguito con la realizzazione del progetto, difatti la differenza tra la bolletta pre e post intervento spetta alla società fino alla fine del periodo di *pay-back* previsto. Allo scadere dei termini contrattuali l'utente potrà beneficiare della maggiore efficienza dell'impianto e potrà scegliere se mantenere o meno la gestione affidata alla *Esco*.

Perseguendo il medesimo obiettivo del cliente, le *Esco* offrono la garanzia di operare nel modo più efficiente possibile. Il ricorso alle *Esco* si inserisce nel contesto del finanziamento tramite terzi in cui la

società rappresenta l'unico responsabile verso l'utente finale di tutte le fasi del processo, dalla diagnosi energetica, alla fattibilità tecnico-finanziaria, alla progettazione, installazione e manutenzione dell'impianto. Questa formula presenta una serie di benefici per l'utente, che non dispone dei capitali e delle strutture necessarie:

- non ci si espone finanziariamente;
- si liberano risorse interne;
- si solleva dalle responsabilità in tema di gestione e sicurezza degli impianti;
- si ottiene un miglioramento immediato a livello ambientale;
- si realizza un risparmio economico, immediato o in prospettiva;
- si viene a disporre di una tecnologia moderna per l'impianto.

Questo modello è stato mutuato nell'esperienza italiana e declinato rispetto alla normativa di settore. Vengono introdotti con i decreti ministeriali del 24 aprile 2004: sostanzialmente i principi restano gli stessi ma cambiano gli attori coinvolti nel processo.

Detti decreti si inseriscono nel processo di liberalizzazione dei mercati dell'energia elettrica e del gas. Definiscono un quadro normativo e di incentivi "innovativo", stabilendo obiettivi quantitativi nazionali di miglioramento dell'efficienza energetica. Emanati dal Ministero per le Attività produttive, di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, riformano profondamente la politica di promozione del risparmio energetico negli usi finali, introducendo un sistema molto innovativo rispetto alle esperienze italiane, che avrà il compito di promuovere la diffusione di tecnologie collegate all'uso efficiente dell'energia ed al risparmio energetico, con conseguenti effetti benefici per l'ambiente, la sicurezza degli approvvigionamenti e la società.

Essi fissano l'obbligo per i distributori di energia elettrica e gas con bacini di utenza superiori ai 100.000 clienti di effettuare interventi di installazione di tecnologie per l'uso efficiente dell'energia presso gli utenti finali in modo da ottenere un prefissato risparmio di energia primaria. A tal fine le aziende distributrici possono:

- intervenire direttamente;

- avvalersi di società controllate;
- acquistare titoli di efficienza energetica rilasciati dal Gestore del mercato elettrico alle società di servizi energetici (Esco), comprese le imprese artigiane e loro forme consortili che abbiano effettuato interventi fra quelli ammessi dai decreti stessi.

I risparmi di energia ottenuti sono certificati da “titoli di efficienza energetica” (Tee), scambiabili e negoziabili sul mercato, che le compagnie distributrici devono procurarsi in proporzione alla quota di elettricità o di gas distribuita, o con interventi propri, o acquistando certificati da terzi. La figura degli utenti finali non è direttamente inclusa nel meccanismo: ad essi non è stata concessa la possibilità di effettuare interventi in proprio e di rivendere ai distributori i relativi titoli. Tuttavia, soprattutto i grandi utenti, magari avvalendosi dell’opera e dell’iniziativa del proprio energy manager, siano essi del settore industriale, del terziario o della pubblica amministrazione, possono avviare azioni concordate con distributori ed Esco, o, qualora ne abbiano le capacità organizzative, tecniche e finanziarie, dar vita essi stessi ad una Esco.

Altro nodo fondamentale riguarda l’articolazione delle responsabilità a livello nazionale, regionale, provinciale e comunale. La riforma del Titolo V della Costituzione ha posto l’energia tra le materie a “legislazione concorrente” tra stato e regioni. A livello nazionale si dovrebbero fissare, quindi, le linee guida ed i criteri generali, mentre alle regioni spetterebbe la definizione delle norme di dettaglio. Il principio è semplice, la sua applicazione pratica molto meno.

Le regioni e gli enti locali possono, quindi, attivarsi per orientare gli interventi verso utenze o tecnologie sfavorite, specie nel settore civile, mediante gli strumenti dei piani energetici e delle concessioni. Viene, inoltre, lasciato un certo spazio ad iniziative attivabili nell’ambito di sinergie fra i distretti industriali, gli istituti di ricerca ed i decisori dell’amministrazione regionale e locale. In linea teorica sono ammissibili tutte le tecnologie che comportino un risparmio di energia, ma i decreti riportano delle tabelle in cui sono indicate le tipologie tipiche afferenti ai settori industriale e civile.

Per recuperare parte dei costi sostenuti, che vanno a sommarsi anche a mancati ricavi a causa delle minori quantità di energia distribuita, è previsto per i distributori un recupero attraverso le tariffe di distribuzione. Rimangono aperte le possibilità di accedere ai finanziamenti regionali, statali o comunitari eventualmente presenti e di ottenere un contributo più o meno sostanzioso dall'utente finale. Ma per le aziende che non ottempereranno ai propri obblighi saranno comminate sanzioni.

Gli interventi realizzati, certificati mediante i titoli di efficienza rilasciati dal Gestore del mercato elettrico, potranno essere conteggiati, ai fini del soddisfacimento degli obblighi, per cinque anni (otto per alcuni interventi relativi all'edilizia).

I decreti affidano all'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas (Aeeg) il compito di emanare delle linee guida che determinino, nei dettagli, il funzionamento del meccanismo con riferimento alle metodologie per la valutazione dei risparmi conseguiti, alla dimensione minima degli interventi ammessi, all'entità del recupero tariffario e delle sanzioni.

Sebbene gli utenti finali non ricevano incentivi diretti attraverso il meccanismo, possono, comunque, trarne vantaggio in quanto sede fisica dell'intervento, ed essere beneficiari del risparmio energetico ed economico ad esso corrispondente. L'obiettivo che i decreti si propongono è conseguire, alla fine del primo quinquennio di applicazione (2005-2009), un risparmio di energia pari a 2,9 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) all'anno.

La riduzione dei consumi complessivi nazionali di energia concorrerà al conseguimento degli obiettivi di riduzione dei gas serra, in relazione agli impegni assunti dall'Italia nell'ambito del protocollo di Kyoto, e porterà benefici economici e sociali sia diretti, per i consumatori come, ad esempio, la riduzione della bolletta energetica ed il miglioramento del servizio goduto, sia collettivi, quali:

- la riduzione della dipendenza energetica dall'estero e maggiore sicurezza di approvvigionamento;

- la riduzione dell'inquinamento derivante dalle attività di produzione e di consumo di energia,
- un maggiore controllo dei picchi di domanda elettrica e possibilità di ridurre il rischio di blackout e i costi connessi al verificarsi di squilibri tra consumi e capacità di offerta;
- un aumento dell'offerta di prodotti e servizi energetici orientati all'efficienza negli usi dell'energia.

Per adempiere a questi obblighi ed ottenere il risparmio energetico prefissato i distributori potranno attuare progetti a favore dei consumatori finali che migliorino l'efficienza energetica delle tecnologie installate o delle relative pratiche di utilizzo. I progetti potranno essere realizzati, direttamente, tramite società controllate, o attraverso società operanti nei settori dei servizi energetici (Esco), oppure acquistando da terzi titoli di "efficienza energetica" o "certificati bianchi" attestanti il conseguimento del risparmio.

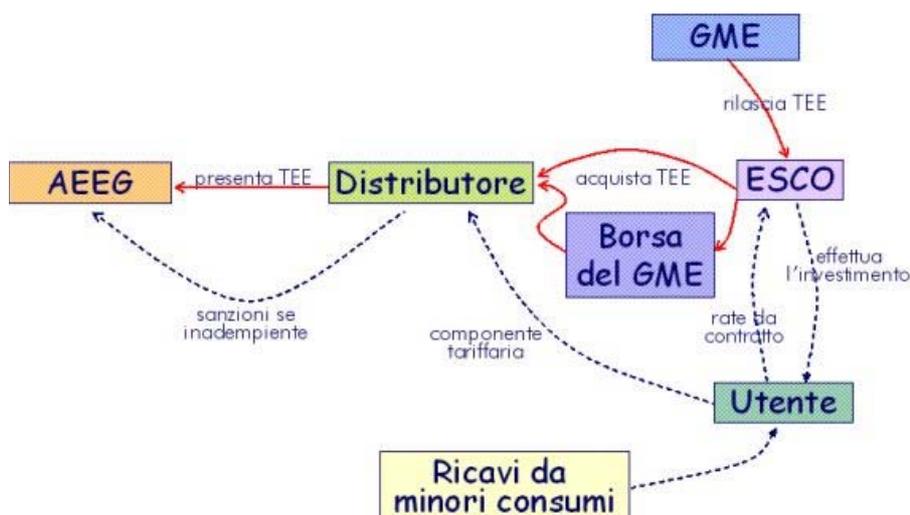
I titoli vengono emessi dal Gestore del mercato elettrico a favore dei soggetti (distributori, società da essi controllate e di società operanti nel settore dei servizi energetici) che hanno conseguito i risparmi energetici prefissati. L'emissione dei titoli viene effettuata sulla base di una comunicazione dell'Autorità che certifica i risparmi conseguiti verificando e controllando che i progetti siano stati effettivamente realizzati in conformità con le disposizioni dei decreti e delle regole attuative definite. La compravendita di questi titoli avverrà tramite contratti bilaterali o in un mercato apposito istituito dal Gestore e regolato da disposizioni stabilite dallo stesso d'intesa con l'Autorità (fig. 33).

La possibilità di scambiare titoli di efficienza energetica consente ai distributori (che incorrerebbero in costi marginali relativamente elevati per il risparmio di energia attraverso la realizzazione diretta di progetti), di acquistare titoli di efficienza energetica da quei soggetti che presentano costi marginali di risparmio energetico relativamente inferiori e che hanno convenienza a vendere i propri titoli sul mercato.

Il meccanismo garantisce che il costo complessivo di raggiungimento degli obiettivi fissati risulti più contenuto rispetto ad uno scenario alternativo in cui ciascuno dei distributori venga obbligato

a soddisfare il risparmio energetico sviluppando, in proprio, progetti per l'uso razionale dell'energia.

**Figura 33 – Meccanismo introdotto dal Governo italiano per ottenere il risparmio energetico**



Fonte AeeG, 2005

Il mancato rispetto degli obblighi sarà sanzionato dall'Autorità, che ha il compito di verificare il conseguimento degli obiettivi di risparmio energetico controllando che ogni distributore detenga un numero di titoli di efficienza energetica equivalente a quanto previsto dai decreti. In sostanza il meccanismo base prevede che per ciascun intervento effettuato presso gli utenti finali, il distributore riceva dei titoli di efficienza rilasciati dall'Autorità, con i quali possa dimostrare il raggiungimento degli obiettivi previsti.

Per finanziarsi l'esercente può attingere ad eventuali fondi regionali e nazionali, può chiedere la partecipazione dell'utente beneficiario e può ricevere dei riconoscimenti in tariffa secondo un tetto massimo stabilito dall'Autorità. Nel caso in cui sia una Esco a svolgere

l'intervento, il titolo viene rilasciato ad essa e può essere rivenduto ad un distributore ad un prezzo dipendente dalla concorrenza che si verrà a creare. I comuni possono prendere parte al meccanismo in vari modi:

- come utenti, accordandosi con i distributori locali di gas ed elettricità o con una Esco per realizzare interventi di miglioramento degli impianti dei propri edifici a condizioni vantaggiose, nel rispetto della legge 10/91 e dei suoi regolamenti attuativi;
- operando un ruolo di raccordo fra la popolazione residente sul territorio ed i distributori, affinché possano essere incentivati gli interventi presso tale tipologia di utenza;
- costituendo società partecipate che operino, come Esco, in compartecipazione con associazioni di categoria e/o distributori.

Buona parte delle tipologie di interventi previste dai decreti afferiscono ai settori terziario e residenziale, che possono costituire una buona opportunità per i distributori, considerato il numero di casi attivabili. Il ruolo dell'ente locale, in questo caso, è quello di prendere contatti con i distributori locali o con una Esco e proporsi per gli interventi.

Per consentire anche ai cittadini serviti da esercenti non compresi dal dispositivo normativo dei decreti di prendere parte e beneficiare dell'iniziativa e per indirizzare le iniziative dei distributori e delle Esco affinché sia raggiunto il massimo mutuo vantaggio, il comune può svolgere un ruolo importante.

Gli enti locali sono caratterizzati dall'aver un numero molto alto di punti di consumo, per i quali, in genere, pagano tariffe elevate. Questi, inseriti in una prestazione globale di servizio, sono poco "controllati" (ad esempio edifici scolastici).

Considerato l'effettivo esempio e la grande visibilità che hanno i comportamenti degli enti locali è importante che l'efficienza dei loro consumi energetici sia un tema affrontato con risorse culturali e finanziamenti adeguati. Poiché gli enti locali danno inevitabilmente una priorità non elevata a determinati problemi la proposta interessante sarebbe che questo settore venga affrontato mediante le Esco, adeguando allo scopo la legislazione degli incarichi e degli appalti e

riservando ai funzionari tecnici degli enti locali il compito di individuare le priorità, valutare le proposte e controllare gli interventi ed i risultati.

Sono presenti casi di successo sviluppati negli ultimi anni. Essi, però, sono distribuiti a macchia di leopardo nel paese e non hanno coinvolto in modo omogeneo la maggior parte degli enti locali, per cui si pone la necessità di proporre un programma di implementazione e diffusione di quanto di buono è già stato realizzato dalle aree e dalle persone più attive, più preparate e più capaci di cogliere le occasioni, che si sono presentate.

Per gli enti locali, quindi, i due decreti possono costituire una opportunità per rinforzare vecchi legami con i distributori, specie quando si hanno società partecipate, ed avviare nuovi rapporti in un'ottica di mercato. Poiché gli enti locali sono i concessionari dei distributori del gas naturale, possono predisporre i relativi contratti in modo da dare un ruolo dimostrativo e didattico alle diminuzioni dei loro consumi, favorendo così interventi delle aziende di distribuzione di energia su situazioni significative come replicabilità. Ugualmente le regioni, sentiti gli enti locali nel definire le priorità per gli interventi di efficienza, possono, con differenti poteri nel settore elettrico ed in quello del gas, ai sensi dei due decreti, dare priorità a contratti effettuati presso gli enti locali per la loro visibilità e per la ricaduta allargata dei benefici.

Lo stesso atteggiamento può essere scelto dalle regioni nell'allocare le loro risorse aggiuntive, privilegiando, per gli stessi motivi, gli interventi presso gli enti locali, la sanità pubblica e le altre sedi locali della pubblica amministrazione centrale. Altra possibilità è accorpate i vari interventi singoli in pacchetti in programmi di attuazione scaglionata nel tempo in modo da ottimizzare l'utilizzo delle risorse, evitando la estemporaneità tipica degli interventi nelle residenze. Gli interventi possono, dunque, riguardare quasi tutti i settori delle attività degli enti locali.

Nel caso di utente privato, questi, grazie all'intervento, otterrà una riduzione dei consumi, cui seguirà un risparmio sulle fatture di energia

elettrica o gas naturale, e potrà accedere ad eventuali finanziamenti esterni (contributi regionali, ad esempio).

Però dovrà pagare al distributore, o alla Esco, una certa quota annua, a copertura parziale dell'investimento iniziale e dei possibili costi di gestione e manutenzione, a seconda del contratto stipulato. Grazie al recupero tariffario per il distributore ed alla vendita dei titoli di efficienza per la Esco, tale quota potrà essere ridotta rispetto ad un'operazione al di fuori degli incentivi previsti dai decreti, tenendo, comunque, conto che le quantità in gioco nel caso del recupero tariffario comportano cifre contenute.

Altra possibilità riguarda la creazione di una Esco, a partire da aziende o società caratterizzate da un'opportuna competenza tecnica e/o finanziaria. Si tratta di un'ipotesi che potrebbe allettare associazioni di categoria, che individuino una serie di interventi facilmente replicabili fra i loro associati, grandi realtà industriali dotate di strutture dedicate alle gestione energetica, che producano tecnologie promuovibili attraverso i decreti, società emergenti pronte ad inserirsi nella fornitura di servizi basati su tecnologie innovative per il nostro mercato. In questi casi l'energy manager potrebbe promuovere l'idea e partecipare all'organizzazione della struttura.

E' poi possibile creare delle strutture per la promozione di interventi presso i distretti industriali, che tengano conto della realtà della produzione e che sfruttino la possibile sinergia fra i decreti, l'innovazione ed il trasferimento tecnologico (collaborazione con università e centri di ricerca), i finanziamenti disponibili da parte degli enti locali per lo sviluppo e l'esperienza degli energy manager aziendali per l'individuazione delle opportunità migliori. Gli energy manager potrebbero collaborare in gruppi di lavoro inerenti a specifiche tecnologie o processi produttivi al fine di individuare interventi realizzabili o di stimolare il settore industriale e/o dei servizi a colmare eventuali lacune. I ruoli che l'energy manager di un ente locale può assumere sono i seguenti:

- individuare interventi relativi alle strutture di proprietà, come edifici, centri sportivi, acquedotti, strutture sanitarie, accordandosi con un distributore o una Esco affinché essi vengano realizzati;
- operare accordi con le aziende di distribuzione per la realizzazione di interventi su tecnologie specifiche o su settori di utenza determinati, eventualmente erogando incentivi ed attivando campagne di rottamazione;
- determinare obiettivi di risparmio energetico attraverso lo strumento della concessione, del regolamento edilizio o del programma energetico regionale, agendo in collaborazione con l'ufficio energia della regione o della provincia autonoma;
- avviare campagne di diagnosi e di intervento in collaborazione con l'agenzia per l'energia locale;
- costituire una Esco, in collaborazione con il distributore locale o altre strutture coinvolgibili.

Un ruolo forte da parte degli enti locali e delle regioni è particolarmente auspicabile, tenendo conto che può consentire uno spostamento degli interventi verso il settore civile.

Tali interventi verrebbero ad avvantaggiarsi di una visibilità maggiore, per determinate tecnologie come il solare termico, il fotovoltaico, le biomasse ad uso riscaldamento o teleriscaldamento, la generazione distribuita, ecc.

#### **10.2.2. Il modello tedesco di Eco-Watt**

La normativa del settore energetico, in Germania, si è evoluta nel corso di 13 anni di esperienza dimostrando come il legislatore possa governare efficacemente l'economia attraverso regole che creino certezza di mercato e consentano di indirizzare gli investimenti. La lungimiranza del legislatore tedesco è stata fondamentale per lo sviluppo delle rinnovabili, difatti, nel 1991 viene lanciato il primo programma per la loro promozione (Sorokin, 2005). Nel 2000 c'è stata la prima revisione della legge che introduce il sistema tariffario differenziato riguardante l'elettricità prodotta da energia idrodinamica,

eolica, solare, geotermica, da rifiuti sanitari, impianti per il trattamento di acque reflue, biomasse.

Nell'aprile del 2004, il governo tedesco ha pubblicato una revisione del testo di legge, per fornire un ulteriore impulso al settore delle energie rinnovabili. L'emendamento mira a conseguire i benefici in parte già ottenuti, che nel 2003 hanno visto raggiungere un giro d'affari annuo di circa 10 miliardi di euro ed un numero di posti di lavoro vicino alle 120.000 unità (Fusco Girard e Salzano, 2005).

La variante alla legge Erneuerbare Energien Gesetz (Eeg), approvata nel 2004, regola, nel dettaglio, gli obiettivi già proposti dalla legge del 2000 disciplinando meglio anche la retribuzione per l'energia prodotta, differente a seconda della risorsa utilizzata. La produzione di elettricità da energia solare, è quella "remunerata" più adeguatamente. Il periodo di riferimento per la vendita di elettricità, in cui il prezzo resta bloccato, è di 20 anni. Nonostante la particolare innovazione promossa dalla legge fin dalla prima stesura e gli obiettivi prefissati di incrementare la fornitura di elettricità da fonti energetiche rinnovabili al 12,5% nel 2010 fino a raggiungere il 20% nel 2020, tuttavia la stessa non accenna in particolare al "risparmio energetico".

Parallelamente alla "discussione" per la nuova legge legata alla produzione di elettricità con fonti energetiche rinnovabili, alcuni ricercatori dell'Öko Institute di Friburgo decidono, nel 1996, di proporre all'amministrazione comunale, un progetto che legghi risparmio e produzione di energia in edifici pubblici ad alto consumo energetico, quali le scuole, mediante un investimento "pubblico-privato".

La combinazione dei due fattori, energia solare e risparmio all'interno di un modello di investimenti, è innovativa. Obiettivo del progetto è dimostrare che si può avere profitto dal risparmio energetico così come dalla produzione di energia.

L'investimento iniziale per il progetto è reso disponibile attraverso la creazione di una società privata creata ad hoc per la raccolta fondi necessaria alla realizzazione del progetto e l'amministrazione comunale restituirà la metà dei soldi risparmiati con la riduzione dei consumi

idrici, elettrici e di riscaldamento che serviranno, insieme con il ricavato della vendita dell'elettricità prodotta con l'impianto fotovoltaico, a restituire, con un interesse tra il 3% ed il 6%, il capitale agli investitori privati, nonché per l'installazione di nuove tecnologie e progetti nell'edificio stesso.

Il progetto pilota nasce nel 1998. Per la sperimentazione viene scelta la Staudinger School, una "comprehensive school" di Friburgo con circa 1.200 alunni ed una spesa annua a carico dell'amministrazione comunale, per i consumi elettrici, idrici e di riscaldamento, di circa 250.000 €. La proposta presentata riguarda la riorganizzazione del sistema elettrico, idrico e di riscaldamento realizzato in collaborazione dall'Öko Institute e dal Fraunhofer Institute di Friburgo. Oltre al ridisegno di detti sistemi per il risparmio energetico ed idrico, si prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico (4 kW) ed uno di solare termico (42 mq), per un investimento complessivo di circa 278.000 €. L'analisi effettuata dai suddetti istituti dimostra un incredibile potenziale di risparmio energetico per questo edificio. È possibile ridurre l'uso di energia elettrica del 19%, la resa del consumo energetico del 20%, il fabbisogno termico del 29% ed il consumo idrico di almeno il 36%. In maniera specifica, le misure di risparmio, pianificate per la scuola Staudinger riguardano (Seifried, 2001):

- illuminazione: installazione di lampade fluorescenti tubolari, luci a specchi schermati, meccanismi elettronici per la pre-regolazione, installazione di interruttori sensibili al movimento; impianto di comando di illuminazione dipendente dalla luce del giorno e dall'uso;
- pompe di circolazione per il riscaldamento: installazione di un comando dipendente dal rendimento;
- risparmio idrico: miglioramento del funzionamento degli sciacquoni nelle toilette, docce e rubinetti ad erogazione regolata;
- organizzazione del carico: installazione di un impianto per il controllo del carico, nuova concezione dell'organizzazione del carico;

- risparmio termico: miglioramento della regolazione dell'impianto di riscaldamento e regolazione dell'impianto di aerazione dipendente dall'uso;
- sfruttamento dell'energia solare: installazione di un impianto solare termico per riscaldare l'acqua della palestra e del palazzo dello sport; impianto fotovoltaico di dimostrazione, con display.

La proposta di progetto viene esposta contemporaneamente alla scuola, a genitori, alunni, insegnanti ed al comune di Friburgo ed esplicitata in dettaglio in tre incontri. Constatata la disponibilità e l'entusiasmo, viene creata, da parte dei promotori del progetto stesso, la società Eco-Watt GmbH con un capitale di 25.000 €.

Ci si attiva, allo stesso tempo, per la pubblicizzazione e la vendita di "quote azionarie" volte al raggiungimento della somma di 250.000 €, necessaria alla realizzazione della proposta.

La diffusione avviene mediante una *brochure* recante la descrizione della "protezione climatica come investimento", le modalità di realizzazione del progetto, nonché un dettagliato piano finanziario dell'investimento e del ritorno economico per gli investitori stessi. Per permettere la partecipazione di professori, alunni e genitori, la quota di adesione al progetto è fissata in 500 € e, per altri soggetti pubblici, e/o privati, la quota è, invece, di 2.500 €. Nel novembre del 1998 viene raggiunta la cifra di 250.000 €. Il comune di Friburgo non accoglie le richieste dei promotori, i quali propongono una durata del progetto di 15 anni, per cui viene stipulato un accordo per soli 8 anni.

Per tale durata il comune, sulla base dei consumi medi di acqua, elettricità e riscaldamento degli anni precedenti, si impegna a pagare il 50% dei "consumi risparmiati". Nello stesso arco temporale verranno restituiti agli investitori le quote acquisite con un interesse tra il 3 ed il 6% (massimo rendimento). I lavori per l'adeguamento dell'impianto elettrico, idrico e di riscaldamento iniziano nell'ottobre dello stesso anno il *negawatt system* è in funzione.

Il reddito annuo previsto oscilla tra 60.000 € e 75.000 €, un interesse tra il 3% ed il 6% ed una somma disponibile per la scuola tra i 2.500 € ed i 10.000 €. Alla fine degli 8 anni il comune avrà l'impianto adeguato

ed il relativo “risparmio” assicurato per almeno altri 10 anni, mentre la scuola disporrà anche dell’elettricità prodotta dal sistema fotovoltaico.

Gli studenti e gli insegnanti, insieme ai promotori della società Eco-Watt iniziano dei “progetti educativi” sul risparmio energetico, organizzando delle vere “competizioni” tra le classi, soprattutto tra gli allievi iscritti ai primi anni (6-7 anni), che hanno comportato anche un “trasferimento” dell’apprendimento nelle famiglie, innescando un “processo a catena”.

Nel primo anno sono stati risparmiati 200.000 kWh di elettricità, di cui, per il comune, 100.000 kWh. Per il sistema idrico il risparmio è stato di circa 8,5 milioni di litri, per il riscaldamento è stato raggiunto solo il 24 % contro il 30% del risparmio previsto. Il ricavo totale netto nel primo anno, è stato di 80.000 €, all’interesse del 5%, per gli investitori, e di 7.500 € per la scuola. La riduzione annua di CO<sub>2</sub> è di circa 350 tonnellate.

La diminuzione dei consumi fornisce un doppio beneficio: miglioramento delle condizioni ambientali, ritorno economico per gli investitori e, parallelamente, permette alla scuola di reinvestire, in tecnologie innovative e nel sistema delle energie rinnovabili.

Nel dettaglio, il meccanismo finanziario permette, dopo 4 anni di ritirare la metà della quota sottoscritta ed alla fine del progetto è possibile prolungare la durata di un anno. I profitti vengono versati ogni anno sul conto dell’associato. Con gli investimenti, la società Eco-Watt, finanzia le misure di risparmio energetico descritte. Della parte amministrativa si occupa la società promotrice Fesa, amministratore fiduciario dei conti. L’associato firma un contratto con la Eco-Watt e Fesa.

Nonostante le tecnologie utilizzate siano all’avanguardia e comprovate, sono da tenere in considerazione alcuni aspetti: se durante gli 8 anni dovessero cambiare le condizioni di lavoro e d’uso dei locali della scuola (ad esempio utilizzo per corsi serali o associazioni che usano la palestra), è stato pattuito che la città ne terrà conto nel calcolo del risparmio energetico. Nel caso il prezzo dell’energia dovesse aumentare, questo avrebbe un riscontro positivo sulla rendita della

partecipazione. In caso contrario, se cioè i prezzi dovessero diminuire, il guadagno sarà chiaramente inferiore. Se il prezzo dell'elettricità dovesse, come è prevedibile, abbassarsi, il risparmio idrico, i cui prezzi invece in previsione si alzeranno, riequilibrerà la situazione. Gli associati verranno informati con una lettera annuale, sul bilancio, lo sviluppo del progetto ed il risparmio energetico raggiunto. Fino al momento della chiusura del contratto con la città di Friburgo, le quote pagate verranno amministrate da Fesa.

L'iniziativa della Staudinger School è servita da stimolo sia per altre scuole di Friburgo sia per progetti promossi dalla stessa amministrazione comunale. Il progetto, realizzato dalla Eco-Watt a Friburgo, è stato un catalizzatore per l'implementazione del processo in altre città tedesche in cui, la società, è riuscita perfino a prolungare i tempi di esercizio, migliorando, al tempo stesso, i risultati in termini di risparmio energetico e di profitto, sia per gli investitori, che per l'amministrazione comunale e, indirettamente, per l'intera collettività. È stata la regione tedesca del Nordrhein Westfalen ad interessarsi al progetto proponendo l'Europaschule a Colonia e la Scuola unificata Berger Feld a Gelsenkirchen come nuovi edifici-dimostratori. Si illustra il progetto di Gelsenkirchen a titolo di esempio, essendo il modello replicabile anche per Colonia eccezion fatta per le specifiche caratteristiche tecnologiche.

Il progetto della scuola di Gelsenkirchen si basa sull'idea di realizzare un impianto di energia solare capace di produrre 50 Watt per ogni allievo ed, al tempo stesso, grazie a misure di risparmio, operare in maniera tale che ogni allievo abbia bisogno soltanto di 50 Watt di energia elettrica (Seifried, 2003).

In una pre-analisi è stata accertata la fattibilità del progetto comprendente le seguenti disposizioni:

- installazione di un impianto fotovoltaico a 30 kWp sul tetto della scuola. Con una superficie modulare di 300 mq ed una produzione di energia solare di circa 22.500 kWh/a sarà la più grossa centrale di energia solare civica a Gelsenkirchen;

- rifacimento dell'impianto di illuminazione. L'installazione di 2.000 luci efficienti e pannelli di controllo per l'illuminazione, che si adatta alle condizioni di luce durante il giorno, permetterà un risparmio annuo di circa 200.000 kWh di elettricità;
- miglioramenti nel settore riscaldamento e ventilazione, risanamento delle pompe e dell'impianto di aerazione, equilibratura idraulica, con un risparmio energetico annuale di circa 200.000 kWh ed uno termico di 780.000 kWh;
- l'installazione del comando elettronico ed altri provvedimenti permetteranno di ottenere un ulteriore risparmio termico di circa 45.000 kWh/a, uno energetico di 40.000 kWh/a ed uno idrico di 1.500 mc/a.

L'investimento necessario per i provvedimenti descritti, inclusi i costi per la pianificazione e per l'installazione è di circa 935.000 €. Una parte dei costi può essere coperta da incentivi regionali e da un credito con interessi particolarmente bassi. L'impianto ad energia solare è sovvenzionato dalla regione Nordrhein Westfalen con 1.200 €/kWp e 75.000 € verranno presi come mutuo all'interno del programma KfW per l'ambiente. La partecipazione al capitale da parte dei privati porterà una somma totale di 618.000 € e 200.000 € sono messi a disposizione da un credito bancario.

La quota prevista per la partecipazione al progetto ed all'investimento, come associato del Solar&Spar Contract GmbH & Co. (la società creata ad hoc per la promozione del progetto) è di 2.500 €; partecipazioni con una quota più alta sono possibili ad intervalli di 500 €. Per gli allievi, gli ex-allievi, i genitori, i nonni, gli insegnanti e per la società promotrice della scuola la quota minima di partecipazione è di 500 €. La durata dell'investimento è di 20 anni.

La Solar&Spar Contract GmbH & Co. è socia responsabile del progetto nella scuola di Gelsenkirchen, e gli associati firmano un contratto con la stessa. Il capitale versato dagli associati viene trasferito su un conto fiduciario a cui può accedere solo l'amministratore fiduciario della società promotrice "Solarstadt Gelsenkirchen". I mezzi per l'investimento verranno messi a disposizione dal fiduciario

allorquando sarà raggiunta la cifra totale necessaria per attuare il progetto. Ogni associato verrà informato annualmente dell'energia prodotta, dei risparmi in costi e in energia e del successo economico della società. Il possibile risparmio energetico è stato calcolato con prudenza ed il rischio di un calo del prezzo dell'energia elettrica e termica è assicurato dalla città di Gelsenkirchen con una formula contrattuale, che stabilisce un prezzo limite retribuito. Nel caso di un aumento del prezzo dell'energia il guadagno sarà superiore a quanto calcolato nella previsione degli utili. La completa pianificazione ed attuazione del progetto viene svolta dal Wuppertal Institut, che lavorerà in stretta collaborazione con la città di Gelsenkirchen e con la scuola.

Grazie ad internet la Solar&Spar GmbH ha istituito una borsa in cui offerta e richiesta saranno equilibrate a seconda della quota di partecipazione. La Solar&Spar Contract GmbH & Co. non può però fornire una garanzia per il prezzo di compravendita. La cessione delle aliquote deve essere mostrata all'amministratore fiduciario con una copia del contratto di vendita. Parallelamente ai provvedimenti descritti, studenti, insegnanti ed un grosso pubblico verranno informati sulle diverse possibilità di salvaguardia dell'ambiente. In giornate a tema gli studenti verranno incentivati a comportarsi in modo più responsabile verso il consumo energetico. Il potenziale di risparmio viene così raggiunto anche attraverso provvedimenti comportamentali.

Con il progetto nella scuola si riducono le emissioni di CO<sub>2</sub> del 35%; l'illuminazione e le condizioni di lavoro per gli studenti migliorano; studenti ed insegnanti ricevono informazioni all'avanguardia sulle tecnologie esistenti ed apprendono un rapporto più responsabile con energia ed acqua; l'economia e la situazione impietatizia locale miglioreranno; il capitale raccolto è la base per uno sviluppo futuro in cui ambiente e situazione lavorativa ne risentono favorevolmente. Inoltre, con l'installazione di un impianto di 30 kW si calcola una resa elettrica di 22.500 kWh/a ed una remunerazione di 12.915 €/a.

I progetti descritti stanno avendo un forte seguito nella regione del Nordrhein Westfalen dove partners di rilievo sono il Wuppertal

Institut e la società Büro Ö-Quadrat, e maggiormente gli enti locali, che hanno permesso la partecipazione e promozione del processo. Attraverso il coinvolgimento, al progetto, dell'istituto scolastico, coloro che ne utilizzano le strutture, in maniera diretta o anche indiretta, vengono motivati a comportarsi in modo più cosciente nei confronti dell'ambiente e dell'energia. Questo produrrà altri risparmi energetici, che non sono stati però calcolati (Seifried, 2003).

### **10.2.3. Comparazione delle esperienze**

Il tentativo è confrontare due modelli di approccio all'efficienza ed al risparmio energetico e di risorse in generale, soprattutto in riferimento al parco edilizio esistente. Le realtà comparate sono l'italiana e la tedesca, con l'obiettivo di definire i differenti strumenti di approccio alla sostenibilità nelle politiche e nella prassi. Il caso tedesco rappresenta un progetto pilota sperimentato in alcuni edifici scolastici nella cittadina di Friburgo, prima, e nel Länder del North Westfalia poi; quello italiano è delle Esco.

L'obiettivo è valutare l'approccio al problema dei diversi processi con l'intento di individuare le caratteristiche di un modello flessibile da costruire e, verosimilmente, trasferire. La metodologia proposta si avvale dell'Analisi Istituzionale per individuare ed analizzare gli attori coinvolti in maniera diretta e/o indiretta nel processo e del metodo della Community Impact Evaluation (Cie), per considerare gli impatti, anche non monetari, relativi ai settori della comunità coinvolti (Fusco Girard e Nijkamp, 1997). L'analisi degli attori ha consentito di prendere in considerazione le strutture politico-amministrative, private o sociali ed i processi attraverso cui sono state assunte le decisioni ed implementate le azioni. Il metodo Cie, proposto da Lichfield (Lichfield, 1989; Lichfield, 1996), risulta particolarmente idoneo a controllare gli impatti/effetti di un determinato piano/progetto considerando i diversi settori della comunità.

Nel caso in esame sono stati analizzati e valutati, ex post ed in itinere (Bezzi, 2002; Fusco Girard e Cerreta, 2001), tre modelli per il

risparmio: le Esco dell'esperienza americana, quelle introdotte dalla normativa italiana ed il progetto pilota di alcune scuole tedesche, proponendosi, come scopo, la comprensione di alcuni meccanismi economico-finanziari e sociali strettamente legati al nodo dell'energia.

La differenza di contesto politico-culturale influenza le modalità di approccio alla sostenibilità. La rilettura dei modelli mediante la Cie consente di tenere conto dei settori della collettività e di tutte le dimensioni ad essi collegate, nonché di obiettivi, criteri ed indicatori relativi a ciascuno, rispetto al macro obiettivo prefissato dal modello stesso, identificato nell'efficienza energetica e nell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili. In questo senso, la valutazione ha permesso la verifica, in itinere, degli obiettivi proposti dai modelli tentando di ri-orientarli secondo le dimensioni della sostenibilità.

L'innovazione metodologica della Cie, rimodulata ed adattata allo studio secondo un approccio ex post, consiste nel considerare sia gli effetti monetari, che non monetari all'interno delle matrici esplicative del progetto, mediante un approccio quanti-qualitativo in grado di evidenziare gli impatti di tipo settoriale ed anche i suoi effetti sul benessere della comunità (Fusco Girard e Nijkamp, 1997). Tenendo conto di questo tipo di approccio, si è seguito un modello procedurale analogo, in grado di esplicitare le fasi e le caratteristiche degli interventi in esame, di identificare le singole peculiarità, che permettono la conoscenza del processo ed individuare i fattori che hanno inciso sul successo ottenuto (Cerreta e Salzano, 2004). In particolare, integrando la Cie con l'IA è stato possibile individuare gli interessi, gli obiettivi e le aspettative dei diversi gruppi di attori identificati per ciascuna sperimentazione, italiana, tedesca e del modello generale Esco.

Il percorso analitico ha "decostruito" il processo attivato per ciascun esempio individuando le fasi, le condizioni e le azioni promosse, da ciascuno dei tre modelli, per l'attivazione del risparmio di risorse, energetiche in particolare. La conoscenza dei diversi momenti del processo è avvenuta anche in maniera diretta, attraverso colloqui con stakeholder rappresentativi, soprattutto per il caso tedesco.

Questa fase è stata utile per la strutturazione delle matrici proprie dell'analisi istituzionale con l'individuazione e la descrizione di tutti gli attori, non soltanto i promotori dell'iniziativa, ma anche i fruitori diretti, indiretti, potenziali/futuri. A titolo esemplificativo si riporta la matrice rappresentativa dell'esempio tedesco (tab. 27).

In questo caso l'amministrazione comunale assume un ruolo significativo, come promotore e fruitore, sebbene, nel progetto pilota partito a Friburgo, il primo ruolo non sia stato giocato in maniera efficace ed attiva, ma piuttosto passiva. La stessa matrice è stata elaborata anche per i modelli Esco, generale e quello utilizzato secondo il meccanismo della normativa italiana (cfr. allegati).

L'analisi degli attori ha fornito una prima differenza sostanziale dei modelli, rappresentata dalle categorie di stakeholder coinvolti. Il maggior numero di soggetti, resi partecipi nel caso tedesco, ha evidenziato fin da subito il tipo di approccio volto al maggiore coinvolgimento della collettività, promosso "dall'alto", o meglio, da soggetti istituzionali ben precisi, ma che ha visto partecipe, fin dalla fase di promozione e strutturazione della proposta, una parte rilevante della collettività.

La diversità del metodo si può leggere ancora meglio dalla matrice di impatto comunitario, che individua per ciascun settore della comunità interessato, gli obiettivi specifici, gli impatti, distinti in economico diretto (ED), economico indiretto (EI), socio-culturale (SC) ed ecologico (E), gli indicatori con relativa unità di misura, il livello di perseguimento/raggiungimento di ciascun obiettivo.

I dati disponibili hanno permesso di utilizzare solo giudizi qualitativi per misurare gli impatti e gli effetti dei modelli comparati. La lettura dei processi ha consentito di costruire la matrice di impatto comunitario considerando gli aspetti sociali, culturali ed ecologici integrati con quelli economico-finanziari, esaminandoli in base agli obiettivi dei diversi settori della comunità (tab. 28).

A partire dall'elaborazione delle matrici di impatto sulla comunità si è pervenuti alla definizione di due matrici di sintesi che comparano gli attori presenti nei differenti modelli ed il livello di

perseguimento/raggiungimento dell'obiettivo di ciascun settore della comunità considerato per i tre casi.

**Tabella 27 – Analisi Istituzionale modello scuole tedesche**

Germania: Scuole				
Attori	Promotori/Operatori	Fruitori diretti	Fruitori indiretti	Fruitori potenziali/futuri
	Istituti di ricerca	Istituti di ricerca	Operatori di settore (edile, elettrico, idrico, ecc.)	Cittadini
	Società/Imprenditori privati	Società/Imprenditori privati	Società/Imprenditori privati	Alunni
	Associazioni di settore	Associazioni di settore	Imprese operanti nel settore delle rinnovabili	
	Consiglio di istituto /singoli docenti	Scuola	Cittadini	
	Amministrazione comunale	Amministrazione comunale		
			Alunni Genitori/Parenti Personale docente/non docente Investitori privati Istituti di credito	

Nella tabella 29 si può notare il diverso coinvolgimento degli attori nel processo. Il modello tedesco vede un maggior numero di componenti sia come promotori/operatori, sia come fruitori diretti, non soltanto per ampliare la partecipazione ed il consenso ma, soprattutto, perché il differente background culturale tedesco dimostra che il vero sviluppo sostenibile si può raggiungere, unicamente, con la partecipazione attiva dei cittadini nei diversi ruoli ed a diversi livelli del processo.

**Tabella 28 – Matrice di impatto comunitario modello scuole tedesche**

**Tabella 29 – Coinvolgimento degli attori nei diversi approcci**

Settori	Modelli		
	S	EI	E
<b>Promotori/Operatori</b>			
Istituti di ricerca	X		
Società/Imprenditori privati	X	X	X
Associazioni di settore	X		
Consiglio di istituto /singoli docenti	X		
Amministrazione comunale/Enti locali	X	X	X
Distributori energia		X	
Governo		X	
<b>Fruitori diretti</b>			
Istituti di ricerca	X		
Società/Imprenditori privati	X	X	X
Associazioni di settore	X		
Scuola	X		
Amministrazione comunale/pubbliche	X	X	X
Alunni	X		
Genitori/Parenti	X		
Personale docente/non docente	X		
Investitori privati	X		
Istituti di credito	X		
Privati		X	X
Distributori energia		X	
<b>Fruitori indiretti</b>			
Operatori di settore (edile, elettrico, idrico, ecc.)	X	X	X
Imprese private	X	X	X
Imprese operanti nel settore delle rinnovabili	X	X	X
Cittadini	X	X	X
<b>Fruitori potenziali/futuri</b>			
Cittadini	X	X	X
Alunni	X	X	X

**Tabella 30 – Comparazione del livello di perseguimento/raggiungimento degli obiettivi settoriali per ciascun modello**

La tabella 30 evidenzia il livello di perseguimento/raggiungimento degli obiettivi settoriali in riferimento a ciascuno dei tre modelli considerati. Dalla “rilettura” in chiave Cie dei modelli non si evince la preferenza di un’alternativa bensì il coinvolgimento dei differenti attori, che consente anche un buon livello del perseguimento/raggiungimento dell’obiettivo per tentare di “valutare” e scegliere non tanto il migliore, quanto le azioni-obiettivi chiave ed il maggior numero di soggetti che ne permettono il conseguimento.

Gli stakeholder significativi per tutti e tre i modelli sono sicuramente le società/imprenditori privati che massimizzano i loro obiettivi, di tipo economico, di incremento del profitto, promozione di nuove forme di investimento e creazione di nuove opportunità di sviluppo. Anche gli enti locali, ed in particolare le amministrazioni comunali (specie per il caso tedesco), sono presenti nei diversi casi proposti con obiettivi di miglioramento dell’efficienza degli edifici, promozione del risparmio energetico, miglioramento della qualità della vita, riduzione dei consumi, azzeramento dei costi di adeguamento degli edifici (in particolare i pubblici e ad alto consumo). Va inoltre segnalato che il livello massimo del perseguimento/raggiungimento degli obiettivi viene conseguito per gli attori coinvolti nel modello tedesco che, per una maggiore partecipazione, riesce a ridurre i conflitti, che si vengono a creare con la massimizzazione solo di alcune dimensioni/azioni/obiettivi del processo. Detto modello è anche in grado di massimizzare, contemporaneamente, la dimensione economica, socio-culturale ed ecologica tenendo conto della promozione dell’innovazione tecnologica e del risparmio energetico per gli istituti di ricerca e le associazioni di settore ed, ancora, per queste e per gli istituti scolastici, attraverso la promozione del miglioramento della qualità della vita e la promozione dell’educazione ambientale, senza dimenticare gli istituti di credito, con l’attivazione di nuove forme di investimento. Inoltre, detto modello, è in grado di attrarre l’interesse anche per il profitto prospettato da un accurato piano finanziario che riesce a coinvolgere anche i privati, i quali trasformano un esperimento pilota di adeguamento dell’edificio scolastico ai criteri

di efficienza energetica in una vera e propria forma di investimento finanziario, contemporaneamente, “ecologically correct”.

La comparazione proposta mira all’individuazione di strumenti/modelli che permettano lo sviluppo e l’implementazione di nuove tecnologie e sistemi legati alle energie rinnovabili ed, al tempo stesso, un uso efficiente delle risorse con conseguente risparmio delle stesse. I modelli selezionati e descritti esplicitano come, anche a partire da un approccio economico-finanziario, si possano considerare dimensioni socio-culturali ed ecologiche volte alla riduzione dei conflitti, che necessariamente insorgono in qualsiasi tipo di scelta. L’apertura dei processi decisionali a soggetti tradizionalmente “assenti” consente di costruire scelte più giuste e coerenti con la nozione di sviluppo umano sostenibile. La promozione di una maggiore uguaglianza di opportunità di accesso alle risorse è collegata al buon funzionamento delle istituzioni della democrazia (Fusco Girard e Nijkamp, 2004).

Le società che promuovono forme di democrazia partecipativa e che stimolano i cittadini a discutere pubblicamente su diverse alternative, tendono ad essere più attente agli obiettivi di uguaglianza/equità/giustizia rispetto a quelle in cui prevalgono processi decisionali ove è evidente uno spiccato interesse di parte (Fusco Girard, 2002; Fusco Girard e Nijkamp, 2004).

Per evidenziare questo aspetto, spesso trascurato, nelle analisi prettamente economiche, relative al “nodo energetico”, il modello della *Community Impact Evaluation* (Cie) è stato adoperato non solo per evidenziare come i diversi gruppi sociali percepiscono le diverse alternative/opzioni, consentendo di prevedere le differenti strategie di coalizione ed i conflitti tra gruppi sociali, ma anche per considerare i diversi settori della collettività interessati ed i loro obiettivi rispetto alle alternative/modelli proposti.

Nonostante le finalità dei modelli proposti siano le stesse (efficienza/risparmio energetico/profitto), i percorsi seguiti sono sostanzialmente differenti. L’approccio proposto sia dal modello Esco italiano, sia da quello “generico americano” è di tipo top down. Esso

coinvolge un contenuto numero di attori tra i quali l'utente finale che, però, non raggiunge profitto economico diretto, ma soltanto un risparmio dei costi di adeguamento degli impianti e dei consumi, mentre la società privata tende a massimizzare i suoi profitti (come ad esempio la vendita in borsa dei certificati di efficienza energetica per il modello Esco Italia). La metodologia sperimentata per le scuole tedesche rende partecipe un ampio numero di soggetti e l'idea, seppur mediata, può definirsi di tipo *bottom up*. Il tentativo è quello di "responsabilizzare" la collettività sui problemi di scarsità delle risorse e di ridurre il conflitto mediante la possibilità di differenti livelli di partecipazione al processo (ad esempio la diversificazione delle quote azionarie per l'adesione al progetto).

L'effetto catalizzatore del modello tedesco è il risultato della scelta di un "edificio dimostratore" pubblico, caratterizzato da alti consumi e dalla capacità di integrare e far interagire differenti stakeholder nel processo. Sebbene questo approccio valutativo non abbia consentito di tirare fuori delle "regole" chiare per un modello da trasferire, è stato utile per fare alcune considerazioni rilevanti, da utilizzare per la definizione di macro obiettivi ed azioni per il prosieguo della ricerca.

Pertanto l'analisi per "casi studio" rappresenta uno strumento significativo per sviluppare un approccio teorico che, a partire dalla realtà, aiuti ad interpretare le situazioni specifiche, riconoscendo il valore di opportunità a ciò che prima era considerato un problema e permettendo di comprendere in profondità il rapporto che sussiste tra il fenomeno ed il suo contesto (Cerreta, 2004).

Il confronto tra possibili modalità di finanziamento per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico permette di confrontare i diversi tipi di approccio alla questione: uno di tipo *bottom up* in cui la collettività fornisce maggiori prospettive di "successo" e di "trasferibilità", soprattutto perché calibrato rispetto all'utente. Tuttavia, anche l'approccio *top down* può fornire buone possibilità di riuscita, se adeguatamente inserito in politiche locali che regolino i rapporti con i privati o, se gli utenti hanno raggiunto una maggiore consapevolezza sulla necessità degli

interventi e la validità dello strumento. La finanza del terzo settore, o finanza etica, potrebbe diventare lo strumento “alternativo” al sistema tradizionale, quale “sostegno” alla promozione di progetti per il finanziamento delle tecnologie con fonti energetiche rinnovabili ed interventi per il risparmio energetico.

La scelta della finanza etica parte dal presupposto che non tutto si misura con il denaro, neanche la ricchezza, che si identifica, nella nostra società, con il profitto.

### **24.3. *La finanza del terzo settore***

In economia, nell’accezione corrente, per definire la ricchezza si fa riferimento al concetto di *scarsità*. Un bene è tanto più prezioso quanto scarso. È questa la ragione per cui l’oro vale molto di più dell’aria, nonostante essa sia, indubbiamente, essenziale per vivere e l’oro è del tutto superfluo.

Il valore spesso si identifica con il profitto, cioè un bene non viene “venduto” in base al proprio valore effettivo, ma rispetto a quello che riesce a produrre, e dunque al capitale che viene investito per la sua produzione. Non è quindi la *scarsità* che rende preziose le cose, ma il *profitto del capitale*.

L’obiettivo dovrebbe essere quello di realizzare una società che si fonda sulla ricchezza vera. È necessario creare una logica di sviluppo senza profitto, di creazione di ricchezza senza sfruttamento, di valorizzazione della vita e non del denaro. Per uscire dalla logica del capitale e del profitto le “zone di autonomia finanziaria”, le cosiddette *Financial Autonomous Zones* (Faz) possono diventare lo strumento per la sperimentazione (De Simone, 2003).

Esistono alcuni esempi interessanti come le banche del tempo ed altre organizzazioni no-profit, i cui membri si scambiano prestazioni senza ricavarne profitto. Le banche del tempo, ad esempio, emettono una sorta di moneta, un’unità di misura che serve a dimostrare l’effettiva prestazione indicata nel certificato. Tuttavia queste “forme monetarie” scarseggiano: pur esistendo, di esse non se ne conoscono i

criteri di emissione né di distribuzione. Il limite è la non convertibilità, e perciò destinate ad una circolazione limitata tra coloro che offrono dette prestazioni. Tale sistema non fa parte delle attuali modalità di mercato, per le quali è necessario il denaro.

L'esistenza delle banche del tempo ci dimostra che, paradossalmente, è possibile fare a meno del denaro per vivere. È possibile lavorare, creare, muoversi in una logica diversa da quella del potere del denaro e del profitto. La vera ragione per cui queste istituzioni alternative non decollano, è che esse si tengono ai margini, indecise tra l'alternativa vera ed il mondo tradizionale.

Bisognerebbe rovesciare la logica del capitale e dare importanza ai principi di Banca Etica, finanza Etica, imprese no profit. Il tentativo è costruire una società più ricca in senso spirituale e materiale. Nella logica del capitalismo, la ricchezza viene considerata come l'accumulazione di capitale monetario. Essa non deriva da una divisione di beni scarsi provenienti da risorse e mezzi anch'essi scarsi, ma è frutto diretto della capacità della collettività di organizzare le risorse materiali e di produrre attività immateriali. La ricchezza è, dunque, nella capacità di pensare il mondo ed organizzarlo in funzione delle esigenze della collettività.

Il comportamento solidale delle aziende che aderiscono all'economia del dono, è contrario alle regole del mercato. Esso le espone al rischio di finirne fuori, se non si effettuano investimenti in grado di farle competere con le concorrenti.

Altro movimento di indubbio successo ed interesse è quello del microcredito<sup>73</sup>, nato dall'idea di Mohammad Yunus, il banchiere dei poveri, che da oltre vent'anni concede ai poverissimi, piccoli prestiti per consentire loro di iniziare un'attività che li conduca fuori dallo stato di disperazione.

73. In Italia la logica del microcredito è stata concretizzata dalla rete delle MAG, società finanziarie in forma cooperativa che supportano piccoli progetti di impresa tutti legati tra loro e che si sostengono reciprocamente senza gravare i soci con garanzie e interessi se non in misura ridottissima. La rete è anche connessa a Banca Etica, struttura che finanzia progetti di imprese non inquinanti e con un tasso di interesse inferiore a quello praticato dalle altre banche.

Il principio sul quale si fonda l'economia del dono è, assolutamente corretto. Il dono e la generosità sono certamente più vantaggiosi rispetto all'egoismo ed al profitto.

Il microcredito va inserito nel più ampio ambito delle iniziative della finanza alternativa, la cosiddetta finanza etica, di cui non esiste una definizione univoca. Numerose e varie sono le esperienze di questo sistema economico, da quelle dei fondi comuni di investimento etici, alle fondazioni, alle banche cooperative finanziarie etiche.

Ciò è dovuto, principalmente, alle diversità sociali ed economiche che si riscontrano nei diversi paesi, come differenti sono gli intermediari finanziari alternativi sviluppati: associazioni senza scopo di lucro e fondazioni, società cooperative, società di investimento dell'economia sociale, banche.

Sul piano internazionale la filosofia della finanza etica si è da tempo concretizzata in banche già affermate come la Grameen Bank del Bangladesh o le europee OekoBank, Triodos Bank, ABS, o l'italiana Banca Etica. Altre strutture alternative sono riunite nell'International Association of Investment in Social Economy (Inaise). Il mercato del credito non è un mercato impersonale in quanto i debitori non si possono considerare identici. Presentano affidabilità diversa e spesso conoscono meglio del creditore la bontà del progetto finanziato e, quindi, la probabilità di restituzione del prestito ottenuto. Nel selezionare soggetti cui prestare denaro, le banche tradizionali considerano pochi indicatori in grado di stimare l'affidabilità dei debitori: la redditività passata e futura del debitore, i flussi di interesse e soprattutto le garanzie patrimoniali. Con questi criteri valutativi molti individui ed organizzazioni rischiano di non poter usufruire di forme di credito a causa delle garanzie discriminanti: la solvibilità del debitore non andrebbe misurata con i possedimenti patrimoniali. Per ovviare a questa situazione di razionamento del credito verso alcuni individui ed organizzazioni si è sviluppata negli ultimi anni una finanza specializzata o meglio delle tecniche avanzate di fund raising. Sotto questo nome si raggruppano spesso strumenti ed intermediari finanziari diversi tra loro accomunati dall'indirizzare denaro verso scopi

socialmente utili ed organizzazioni senza scopo di lucro. Tali iniziative vorrebbero sia dare una risposta alla richiesta di credito agevolato per specifiche esigenze sia favorire la creazione di nuovi strumenti per sollecitare la raccolta di donazioni in favore di iniziative con impatti positivi nel sociale, nell'ambiente, nella cultura, nell'educazione, ecc. La finanza etica dovrebbe diventare, oltre ad una guida, anche e soprattutto lo strumento in grado di finanziare tanti progetti ed attività indirizzati a crescita e consumo sostenibile. La conoscenza e l'uso corretto di questi strumenti apre uno spiraglio di luce cercando di dare una possibilità, di rendere possibile l'impossibile, di aiutare i sogni a diventare realtà.

Il criterio utilizzato per impostare nuovi "principi" per dare credito, ha rivoluzionato non soltanto il sistema bancario tradizionale, ma anche le regole della tradizione musulmana. Dal piccolo credito del villaggio di Jobra oggi Grameen è diventata una vera e propria banca, ma non senza difficoltà. Un aspetto fondamentale del programma è stato quello di dare fiducia alle donne e ad un gruppo: costruire reti sociali, situazioni aggreganti, cooperazione e supporto nei momenti di bisogno ed una sorta di garanzia per i componenti del gruppo, che tendono a controllare l'operato degli altri.

Sebbene venga chiamata banca, la Grameen non ha nulla in comune con quelle tradizionali. I suoi uffici sono sempre vuoti. Sono gli impiegati a recarsi dal cliente e non viceversa. Questo aspetto serve a dare maggiore fiducia alle persone, che spesso non si ritengono all'altezza di "entrare in banca".

Gli indicatori sono stati, ovviamente, costruiti per testare i risultati di Grameen nei paesi in via di sviluppo, le cui situazioni di partenza sono molto diverse da quelle dei paesi sviluppati. Il modello Grameen può, però, essere trasferito anche nei paesi occidentali, fissando dei principi adeguati alle esigenze territoriali.

In Europa, la principale difficoltà di trasferibilità del modello è la sostanziale mancanza di fiducia, che non lascia la possibilità di creare solidarietà di gruppo e l'assenza di tessuto sociale, che non rende possibile l'effetto di mutuo condizionamento e sostegno. L'altro

problema, non secondario, è legato all'assistenzialismo: i beneficiari di un sussidio, pensando a quanto potrebbero perdere in denaro ed assicurazioni sociali, risultano dapprima spaventati, poi totalmente disinteressati dall'offerta di prestito per diventare lavoratori autonomi. Grameen è per loro un concetto troppo estraneo ai modi di fare profondamente radicati nella mentalità della gente. Anche le organizzazioni caritative, intellettuali, giornalisti, banchieri, apparentemente interessati alle idee di Grameen, sono poi restii, salvo pochi casi, a prendere iniziative nel campo del microcredito.

Anche nei paesi, cosiddetti sviluppati, Grameen ha mosso i suoi passi. La *Ford Foundation* e l'associazione *Result* sono le due organizzazioni che hanno sostenuto, e continuano a farlo, la diffusione di Grameen nel mondo. La prima, fin dalla nascita del progetto con aiuti soprattutto finanziari; la seconda, dal 1984, con l'inizio della espansione del modello Grameen nel mondo, fornendo volontari come nuovo personale.

Sebbene necessiti di corretti accorgimenti, il modello Grameen è, trasferibile e, anche se non palesemente, il microcredito contribuisce allo sviluppo economico del paese che lo adotta: uno sviluppo sostenibile. Crescita e sviluppo, sebbene collegati, non procedono sempre alla stessa velocità, anzi, spesso seguono direzioni diverse e se non si riesce ad incanalare tutte le forze che concorrono ad esse si corre il rischio di rallentare il processo o, peggio, di creare problemi a chi segue un percorso invece che un altro.

Il microcredito prova a coordinare l'indirizzo di chi segue, con direzioni diverse o con minore velocità, ma cerca, man mano, di rimmetterlo in corsa. "Credito" inteso come fondamento dello sviluppo, prima ancora di certi programmi di formazione sbagliata condotti molto spesso da organizzazioni che cercano di inculcare dall'esterno nuove competenze senza far leva su quelle già esistenti. Credito come fiducia, che dia la possibilità di far partire dal basso programmi di istruzione più efficaci.

#### **24.4. Banca etica e banca del movimento**

La fine degli anni settanta ha segnato l'inizio di nuove evoluzioni importanti nell'economia di mercato tradizionale. Molte organizzazioni di volontariato e solidarietà sociale cominciano ad interrogarsi sul ruolo del denaro, della finanza e dell'impresa.

Poiché sviluppo e crescita si stavano indirizzando verso le attività finanziarie e non al servizio dell'uomo, si è sentita l'esigenza di dirigere l'economia verso uno sviluppo più sostenibile. La produzione, la ricchezza e la sua distribuzione dovevano fondarsi sui valori della società civile piuttosto che sull'imperativo dell'efficienza. Su queste esigenze fondano le basi le Mutua Auto Gestione (Mag).

Le Mag si propongono come raccordo diretto tra risparmiatori e finanziati, sulla base di rapporti fiduciari prima che commerciali, operando tendenzialmente al livello locale, dove la conoscenza e la relazione sono più facilmente realizzabili ed operano per lo più nel nord Italia. La Mag orienta il denaro verso progetti compatibili coi suoi principi, mantenendo alta la capacità di acquisto di esso in vista della sua restituzione.

Nel giugno del 1995 parte la "cooperativa verso la Banca Etica" comprendente 21 organizzazioni provenienti dall'associazionismo e da esperienze di finanza alternativa, con l'obiettivo prioritario di raccogliere il capitale sociale necessario alla costituzione di una banca di credito cooperativo, la Banca Etica, naturale evoluzione del mondo Mag per adattarsi al panorama legislativo che rendeva difficile lo sviluppo di detto modello. Nel 1999 la Banca apre il suo primo sportello a Padova: da questo momento iniziano le richieste di finanziamento ed il deposito dei risparmi. La Banca Etica si ispira ai principi della finanza etica, ed è una società cooperativa per azioni a responsabilità limitata, che ha per oggetto la raccolta del risparmio e l'esercizio del credito anche per i non soci, con l'intento di perseguire specifiche finalità. Essa può compiere «tutte le operazioni ed i servizi bancari e finanziari regolati dalle normative vigenti ed ogni altra attività ed operazione strumentale tesa al raggiungimento del suddetto oggetto» (Art. 4 dello statuto di Banca Etica).

Essa privilegia l'erogazione del credito a favore di organizzazioni appartenenti al terzo settore, formalmente costituite in cooperative, associazioni, enti circoli ed anche società di capitali, purché controllate da enti non profit. La Banca Etica presta molta attenzione nel dare credito e nello scegliere i progetti ed i soggetti da finanziare. È un'istituzione che dà credito alle iniziative socio-economiche che sostengono lo sviluppo umano, perseguendo un fine a beneficio sociale: esperienze del genere vengono catalogate come di "economia civile", (Banca Etica) che unisce alle esigenze di sviluppo economico quelle di crescita umana e sociale. Essere coerenti con questi principi è la base del rapporto fiduciario tra la Banca ed i risparmiatori.

I settori verso cui la Banca Etica orienta i finanziamenti riguardano diversi campi: ambiente, cooperazione internazionale, cultura e società civile, cooperazione sociale, prediligendo quei progetti il cui fine è la promozione e/o la tutela di un "bene comune".

La strategia di fondo della Banca Etica è quella di crescere gradualmente diffondendosi sul territorio attraverso i suoi referenti, puntando alla "massima efficienza" nell'erogazione dei servizi, curando la comunicazione per promuovere il profilo innovativo del risparmio etico, soprattutto rispetto al ruolo partecipativo del cliente e del socio, quest'ultimo, la sua risorsa per eccellenza.

Per la valutazione delle richieste si utilizza un criterio economico-sociale che consiste nel valutare le capacità di impiegare il prestito in modo efficace e quindi di restituirlo e consenta poi di esaminare l'impatto ambientale e sociale che il progetto potrebbe produrre.

Gli strumenti di deposito sono simili a quelli di una normale banca: certificati di deposito, libretti di risparmio, obbligazioni, conti correnti. La tipologia dei fidi è la prevista dal sistema bancario tradizionale cui si apportano modifiche a seconda delle esigenze del singolo caso. Il bisogno di cooperazione e la necessità di offrire servizi a basso costo, hanno permesso la nascita di questa banca popolare diventata, in Italia, il punto di riferimento del terzo settore. Banca Etica è diventato, sotto certi aspetti, in Italia, il "motore" del terzo settore e, insieme alle fondazioni ex bancarie, un'idonea risposta per la riqualificazione

integrata del patrimonio culturale manufatto. I beni ambientali non vengono individuati, dalle forme di finanziamento tradizionali, quale risorsa prioritaria su cui investire, poiché non producono ritorno economico diretto. Attualmente promuove molti progetti per la sostenibilità ed, in particolare, per il risparmio energetico e la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili, concedendo mutui a tassi agevolati per privati che vogliono sperimentare tecnologie innovative legate a detti progetti.

Accanto a tali strumenti finanziari sono in discussione alcune “reali” forme di finanza alternativa, che si basano su un sistema “parallelo” a quello attuale di mercato. Il tentativo è quello di dimostrare un “valore” altro rispetto a quello monetario, anche nel sistema di scambio e produzione.

La Banca del Movimento (Bdm), ad esempio, è una struttura, con una sua forma giuridica, storicamente determinata dal sistema normativo nel quale viene costituita (De Simone, 2003).

Il numero iniziale dei soci dovrebbe essere di 10.000 persone. Le filiere all’inizio di produzione saranno aziende di prodotti immateriali: come cd, film, informazione, software, teatro, libri, cultura in genere. Possono anche essere aziende agricole del tipo commercio equo e solidale, artigiane dello stesso circuito, aziende di grande distribuzione ed imprese che abbiano problemi di sovrapproduzione, che sono la maggioranza e ad esse è dovuta la crisi di sovrapproduzione.

Con gradualità la Bdm potrebbe annoverare tra i propri soci imprese già costituite dei vari settori produttivi, specie per quelle che hanno problemi di sovrapproduzione e di smaltimento delle scorte che avrebbero tutto l’interesse a partecipare ad una organizzazione che permetterebbe di riprendere la propria produzione a pieno ritmo. Nel frattempo, la Bdm finanzierebbe la nascita di nuove imprese di prodotti, sia materiali che immateriali.

È necessario che, nella fase iniziale, la composizione dei soci della Bdm sia equilibrata. Il lavoro della Bdm si completa con l’emissione dei *Titan*, (*Titoli a Tasso Negativo*). Con il decorrere del tempo essi

perdono l'iniziale valore di emissione e la loro incidenza sul patrimonio sociale è zero.

Il criterio di emissione dei Titan è legato alle sovvenzioni delle imprese: per ciascun finanziamento erogato la Bdm deve effettuare un'emissione di Titan dello stesso importo che distribuirà a titolo di Reddito di cittadinanza (Rdc), la cui redistribuzione è rapportata alle somme che le imprese restituiscono alla Bdm sui finanziamenti ricevuti (De Simone, 2003). I Titan emessi dalla Bdm perdono ogni settimana l'uno per mille del loro valore nominale. Per ogni socio, anche nuovo, la somma è la medesima. Mensilmente la Bdm versa sui conti dei soci la somma che viene determinata a titolo di reddito di cittadinanza. I soci della Bdm si devono impegnare ad accettare ed utilizzare i Titan per i pagamenti delle prestazioni e dei beni che circolano nella Financial Autonomy Zone (Faz). Altra questione importante è la gestione dei conti in euro. È presumibile che ad un certo punto del suo sviluppo, la Faz si possa avvalere di una struttura bancaria vera e propria, che sia in grado, di operare anche quale banca ordinaria. La motivazione è dovuta alla necessità di un collegamento con il mondo ufficiale della finanza per la quotazione ed il cambio dei Titan.

Le imprese che sono costituite con i finanziamenti di Bdm, avrebbero il vantaggio di impegnarsi alla restituzione del solo capitale ricevuto e non degli interessi poiché, per non scomparire, non sono costrette alla ricerca del profitto immediato. Inoltre, per alcune imprese, la restituzione del capitale non verrebbe richiesta, poiché alla fine il capitale di esercizio sarebbe onorato dai membri dell'associazione. Ciò porterebbe, però, ad una riduzione della somma al titolo di Rdc.

L'emissione dei Titan potrebbe essere un'iniziativa interessante per gli enti locali. Va però considerato che, come capitale monetario, i Titan non hanno alcun valore, poiché alla fine del periodo considerato il loro prezzo sarà, comunque, zero. Sotto questo aspetto, quindi, non si può certo parlare di "valore aggiunto" in termini fiscali relativamente ai pagamenti effettuati con i Titan, che dovrebbero più correttamente, essere considerati donazioni e quindi a valore zero.

La Faz, come la Bdm, dovrebbe essere assimilate alle banche del tempo o alle associazioni no profit le cui attività sono esenti da molte imposte poiché lo scopo delle loro attività non è il profitto. Attraverso questi strumenti in breve tempo si potrebbero aggregare forze considerevoli, per fare informazione libera, per far crescere il biologico in agricoltura, per fare ricerca e produzione di fonti energetiche alternative al petrolio, per permettere un'abitazione a tutti, ecc.

Il tasso negativo può essere di stimolo all'introduzione di un diverso concetto di ricchezza.

#### ***24.5. I titoli a tasso negativo: i Titan***

Titan, ovvero Titoli a Tasso Negativo, sono un'ipotesi di strumenti finanziari emessi a tasso di interesse negativo, a carico del portatore del titolo, che perdono valore con il decorso del tempo.

Tali titoli possono essere emessi sia da società private che da enti pubblici. L'introduzione del tasso negativo nell'economia modifica in maniera radicale l'organizzazione della produzione. Esso determina le condizioni per un efficace controllo sull'andamento del ciclo economico e per le condizioni di un pieno sviluppo delle forze produttive.

La teoria del tasso negativo comporta una diversa definizione dei concetti di ricchezza e di produzione. Il tasso negativo tende a ridurre la funzione di merce del denaro e ne esalta la funzione di mezzo di scambio. È possibile costruire all'interno di questo sistema società e gruppi, che agiscano indipendentemente dal sistema finanziario ordinario: le Faz (cfr. § 10.4) il cui obiettivo può essere quello di avviare e concretizzare una grande e generale riforma del sistema finanziario ed economico.

I Titan, possono essere strumenti propri della finanza locale, pubblica e/o privata, e perciò possono essere emessi a tassi di interesse diversi, non avendo, per tale motivo, bisogno di alcuna autorità centrale che li emetta. Al momento della loro emissione le condizioni vengono

determinate da enti pubblici, società, gruppi privati e banche (De Simone, 2003).

Perciò i Titan possono essere uno strumento operativo del potere locale. Il tasso negativo consente ad esempio, alla “Banca del Movimento” di emettere denaro in obbligazioni per i vari finanziamenti e l’idea di essi cerca di restituire, alla creatività umana, il ruolo preminente di strumento per l’aggregazione delle risorse al fine dell’esercizio dell’impresa.

Se vi sarà coinvolgimento esso deve fondarsi sulla convinzione che un comportamento solidale è più conveniente di un comportamento egoistico. Il denaro a tempo, per i consumatori, rappresenta un problema solo dal punto di vista della sicurezza, poiché con esso il risparmio ne risulta penalizzato. Tuttavia, per la maggior parte delle persone, il risparmio stesso è divenuto pressoché irrealizzabile, date le difficoltà di avere un lavoro stabile, l’incertezza sui costi della vita, la difficoltà di ogni mese di mettere da parte qualcosa per domani.

L’idea, quindi, è quella di emettere degli strumenti finanziari che non creino debito e non generino interessi: i Titan, che sono dei titoli finanziari destinati ad essere spesi il più velocemente possibile, proprio per non pagarne l’interesse negativo del quale sono gravati. È necessaria una filiera in cui, se tutto ciò che facciamo è ricchezza, ogni “produzione” deve essere accompagnata da un numerario che ne consenta lo scambio e l’acquisto (De Simone, 2003).

## **25. Una nuova moneta per “l’energia in comune”**

Il capitalismo finanziario post industriale, ha applicato la sua logica a tutti i beni, compresi quelli immateriali, determinandone la scomparsa a vantaggio di una situazione di “debito crescente”. Tale situazione ha comportato vincoli ai bilanci pubblici, un maggiore indebitamento dei cittadini e degli enti locali e la conseguente contrazione dei finanziamenti statali agli enti locali. Da ciò è derivato un lento e progressivo impoverimento per cittadini ed enti locali, un continuo

deterioramento del tessuto sociale ed ambientale nonché, una riduzione dei servizi pubblici offerti insieme al loro degrado.

Per raggiungere la sostenibilità a livello locale può essere interessante immaginare un modello che ricostruisca il tessuto sociale, di relazioni, affetti, solidarietà, condivisione di interessi e di abitudini, patrimonio concreto di ogni comunità.

Creare una società in cui le cose siano al servizio dell'uomo ed il piacere della creatività del lavoro sostituisca la fatica di sopravvivere, poiché stiamo vivendo un tempo in cui la volontà del cambiamento è pressata dalla necessità di attuarlo.

L'obiettivo possibile è la ricostruzione di un *welfare* efficiente, che parta dal basso e, che non si fondi sulla logica assistenziale, ma sul diritto degli esseri umani di vivere ad un livello di vita accettabile. Un "glocal welfare", basato sulla valorizzazione delle risorse locali inserite in un contesto irreversibile di globalizzazione. Uno strumento adottabile è la produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili con una diffusione di impianti a scala micro, distribuiti sul territorio in maniera tale da non modificare gli equilibri ambientali ed adottando risorse e monete locali per finanziarle e costruirle. La produzione di energia è alla base di ogni filiera economica e di ogni attività umana. Essa, a causa delle fonti finora utilizzate, è stata gestita in maniera centralizzata (De Simone, 2003).

Il vincolo principale per la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili è legato sicuramente al capitale iniziale per i costi di installazione dell'impianto. La "generazione distribuita" di energia offre la possibilità di far assumere un ruolo fondamentale alla collettività.

È possibile coinvolgere la popolazione locale nella costruzione degli impianti mediante la creazione di strutture di gestione di diritto privato al cui capitale partecipino, a diverso livello, gli abitanti. La distribuzione delle azioni o di altri titoli emessi dalle società può avvenire sia mediante conferimenti in denaro, allocando il risparmio in investimenti controllabili sia mediante conferimenti di concessioni di

spazio utile per collocazione di impianti e/o la semplice accettazione della “moneta locale” emessa dal comune o da un altro suo ente.

I comuni, però, nella situazione attuale, spesso, non dispongono di mezzi finanziari neanche per favorire un dibattito per la promozione e diffusione del risparmio energetico e delle fonti energetiche rinnovabili. Il modello da realizzare non deve prevedere che i comuni impegnino le scarse risorse pubbliche di cui dispongono e per la costruzione di impianti da fonti energetiche rinnovabili, si dovrebbe far riferimento, a seconda del tipo di tecnologia adottata, alle diverse tipologie di finanziamento promosse dall’Unione Europea e gestite dalle regioni.

Le ristrettezze finanziarie degli enti locali hanno indotto alcuni governi regionali tedeschi a varare una propria moneta locale con la quale gestire i servizi pubblici e assistenza, altrimenti destinati ad essere soppressi. Monete emesse con una scadenza predeterminata che ne favorisce la rapida circolazione, impedendone la tesaurizzazione.

L’emissione di una moneta locale, a tasso zero, a copertura di produzione di energia e da moltiplicatore di ricchezza che essa genera la cui adozione e circolazione (da tutti accettata), creerebbe risorse per coprire almeno il costo di costruzione di impianti, ad esempio.

È questo il senso del *glocalist welfare*, ovvero un sistema di sicurezza sociale fondato sulla produzione di ricchezza e sulla distribuzione, che stimoli, questa ulteriore produzione.

Il termine *glocalist*<sup>74</sup> indica la necessità di avere allo stesso tempo un’ottica mondiale in una politica locale radicata sul territorio. Non possiamo impedire ai Cinesi e ai paesi emergenti di produrre a costi bassi, ma dobbiamo affrontare la sfida mondiale incrementando la vera ricchezza, vale a dire la conoscenza e l’intelligenza. E solo un welfare che consenta a tutti di liberare le proprie capacità creative, è in grado di invertire la tendenza al degrado. La creatività è possibile solo nella libertà e nella cultura.

74. Il termine “glocalist” è una crasi di global e localist.

## **26. Potenzialità e criticità dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili**

La verifica della fattibilità e, quindi, della convenienza dell'uso delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico, ha visto la strutturazione di un percorso metodologico che ha utilizzato la valutazione, nei suoi diversi momenti applicativi e modalità, come valido supporto alla decisione. Il tema delle fonti energetiche rinnovabili è fondamentale perché è uno degli obiettivi chiave posto dalle politiche dell'Unione Europea ed, in particolare, con il protocollo di Kyoto viene imposto l'obbligo di ridurre le emissioni climalteranti. Dette fonti sono una possibile risposta alla situazione di scarsità delle risorse fossili, e, soprattutto, all'effetto serra ed al conseguente inquinamento e cambiamenti climatici.

Ma sono anche occasione per un'inversione di tendenza nel campo dell'economia. L'energia è necessaria in ogni processo produttivo ed oggi, indispensabile per ciascuna azione umana. Un uso razionale della stessa, con conseguente scelta di fonti energetiche "pulite", è auspicabile. Tale scelta è, allo stato attuale, diventata politica ma, da essa, all'azione, si perviene attraverso diversi attori e fattori quali i cittadini, le tecnologie legate alla produzione ed alle industrie e, non ultimi, i "poteri forti" internazionali, che intervengono nell'estrazione e distribuzione dei prodotti ricavati dalle fonti fossili. Pertanto è opportuno scindere tra cambiamento "globale" e "locale". Per molti il secondo, senza il primo, non è realizzabile. Alcuni paesi, come ad esempio la Germania, ed altri stati del centro-nord Europa, hanno dimostrato che, il cambiamento è possibile, e non solo necessario, sia per l'adeguamento a "regole e regolamenti" internazionali sulla protezione del clima, che per il miglioramento della qualità della vita delle persone.

Il percorso passa quindi dalle prospettive dell'analisi economica (dove la sostituibilità debole coincide con la sostituibilità del capitale ed una forte commensurabilità) a quella ecologica (dove la sostenibilità forte implica la considerazione dell'ambiente come sistema multifunzionale). Si passa, pertanto, da un'analisi monodimensionale

ad una multidimensionale-multiattoriale: dall'analisi di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili, a scala micro (fotovoltaico), volta a dimostrarne la fattibilità economica e finanziaria, fino alla contestualizzazione, di dette fonti, connesse con sistemi per il risparmio energetico, a scala di quartiere (urbana). L'analisi finanziaria è servita a dimostrazione di alcune criticità legate sia alla "fonte energetica", che alla valutazione utilizzata (monocriterio). La percentuale di produzione e soprattutto di rendimento, ancora bassa, delle celle fotovoltaiche, sebbene la ricerca progredisce rapidamente, rende elevati i costi dell'installazione dell'impianto.

**Tabella 31 – Potenzialità e criticità di impianti da fonti energetiche rinnovabili a scala micro – fotovoltaico**

<b>Possibili potenzialità</b>	<b>Possibili criticità</b>
Integrazione risparmio energetico e produzione energia elettrica	Elevati costi di investimento iniziale (del privato)
Efficacia (necessità) dell'incentivo	Difficoltà investimento per i cittadini
Efficacia del conto capitale (anche se di lungo periodo)	Ulteriori costi di adeguamento per la certificazione energetica dell'edificio
Produzione elettricità (ricavi)	Difficoltà investimento per gli enti locali
Eliminazione costi trasporto	Eventuale riduzione valore immobiliare (riduzione superficie tetto)
Eliminazione costi esterni	Eventuale riduzione superficie (tetto)
Diffusione a scala macro (edificio-quartiere)	Difficoltà applicazione parco edilizio esistente
Sostituzione elementi costruttivi (integrato)	Eventuale danno al paesaggio
Incremento valore immobiliare	Necessaria certificazione energetica
Eliminazione costi carburante	Incoerenza con i regolamenti locali
Possibilità nuove forme di investimento	
Riduzione costi impianti futuri	
Promozione e sviluppo di nuovi settori (arch./edilizia/impianti/industrie, ecc.)	
Diffusione	
Produzione distribuita	
Riduzione consumi	
Miglioramento qualità dell'aria e della vita	
Riduzioni problemi approvvigionamento	
Nuove prospettive per la ricerca	
Integrazione manufatto architettonico	
Integrazione con altre tipologie produttive	
Funzione educativa per la collettività	
Autonomia produttiva cittadini	
Corretta integrazione con regolamenti locali	

Negli investitori, tale situazione, ha creato una forte “sfiducia”, alla quale il governo italiano ha cercato di porre rimedio, traendo spunto dalla normativa tedesca per la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e sostenendo l’applicazione di impianti fotovoltaici, con forti tariffe incentivanti.

Anche se le analisi condotte hanno dimostrato la fattibilità finanziaria ed economica dell’impianto, in riferimento alle differenti modalità previste dalla normativa, esso non sempre è di facile applicazione soprattutto se si prova a contestualizzarlo. La necessaria certificazione energetica dell’edificio<sup>75</sup>, prima dell’applicazione dell’impianto e soprattutto se si vuole fruire di un bonus aggiuntivo, le tipologie edilizie, a tetto piano, presenti soprattutto nel centro-sud Italia, una collettività ancora poco attenta alle questioni ambientali, rappresentano delle criticità forti per la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili e del fotovoltaico in particolare. Seppure molto dettagliata, tuttavia la normativa del conto energia si scontra con vincoli e criticità forti che provengono sia dal territorio che dai cittadini stessi. Una corretta valutazione del processo di applicazione del fotovoltaico (dall’impianto al quartiere) è servita a dimostrarne la fattibilità, tenendo conto delle diverse dimensioni della sostenibilità, nonché, dell’intera collettività e degli attori coinvolti.

L’efficacia delle strategie di sostenibilità è strettamente legata ai reali meccanismi di funzionamento del contesto ambientale, socio-culturale ed economico in cui si opera. Allo scopo di accrescere le potenzialità di sviluppo, che le strategie di azione potranno determinare, diventa essenziale il coinvolgimento delle comunità locali attraverso differenti livelli di interazione, in modo da consentire la raccolta di dati/informazioni o la loro creazione.

Attraverso l’uso combinato delle valutazioni, finanziarie ed economiche, e multicriterio, è possibile strutturare un sistema di supporto alla decisione secondo un approccio integrato, che consenta di studiare la complessità delle decisioni della collettività costruendo un

75. Tale certificazione è obbligatoria dal 2009.

ambiente flessibile in cui assume un ruolo significativo l'apprendimento individuale nel processo decisionale.

In particolare, è possibile far ricorso all'“analisi istituzionale” (Funtowicz et al., 1998) per definire una mappa identificativa dei diversi *stakeholder* coinvolti nel processo decisionale ed utilizzare l'osservazione partecipata per comprendere le dinamiche interne, che caratterizzano i comportamenti della comunità rispetto al problema in esame. In generale, per rendere operativa un'azione di progetto o di piano, è necessario includere nell'analisi anche la dimensione istituzionale ed i diversi attori coinvolti a diverso livello nel processo.

Attraverso l'approccio dell'analisi istituzionale è possibile individuare le risorse umane, sociali ed ambientali endogene disponibili, nonché identificare le percezioni sociali ed economiche della comunità. L'analisi dei differenti attori coinvolti non si esaurisce nella determinazione degli agenti, piuttosto, si esplica attraverso l'identificazione di (Fusco Girard et. al., 2003):

- percezione degli attori: che permette, nella fase iniziale, di indagare su come gli attori vengano influenzati dalla situazione, considerando il grado di reciproca dominanza e la sensibilità degli attori stessi nei confronti del problema;
- interessi degli attori: è necessario porre l'attenzione sulla capacità degli attori di esprimere le proprie opinioni ed i propri interessi, cioè la capacità di influenzare i processi decisionali e, quindi, il proprio futuro;
- aspetti istituzionali ed amministrativi: dal momento che le politiche sono implementate dai meccanismi amministrativi, esse sono inevitabilmente influenzate o trasformate dalle particolarità di dettaglio della decisione;
- legislazione corrente: le strutture legali definiscono i diritti ed i doveri degli attori ed, allo stesso tempo, individuano le basi strategiche attraverso le quali ciascun gruppo di interesse cerca di negoziare e di risolvere i conflitti.

L'analisi dei principali attori coinvolti permette di capire come le opzioni da costruire debbano essere finalizzate agli interessi di una

collettività, prendendo in considerazione le preferenze degli *stakeholder* individuando le possibili soluzioni alternative ed i criteri che esprimono dette preferenze, rendendo possibile la costruzione di scenari, in relazione ai differenti attori o gruppi di interesse, alle loro reciproche relazioni ed al contesto di riferimento. L'individuazione delle probabili criticità e potenzialità rende possibile la definizione di strategie di sviluppo, stabilisce le priorità di cui tener conto nel determinare i possibili obiettivi di un piano/programma ed evidenzia, nell'ottica di un approccio strategico, i punti critici dei futuri immaginati.

Il ruolo dei sistemi di supporto alle decisioni, nell'ambito dei processi decisionali riguardanti la pianificazione spaziale, risulta particolarmente complesso, tale da porre questioni rilevanti in riferimento agli strumenti ed ai metodi da adottare, nonché al contributo ed ai caratteri della valutazione. In particolare, il ruolo della valutazione assume un sempre maggiore rilievo, caratterizzandosi come strumento di costruzione delle scelte e di esplicitazione degli interessi e dei valori in gioco (Fusco Girard e Nijkamp, 1997).

La valutazione si colloca in fasi differenti del processo decisionale e può contribuire a strutturare il problema in esame, diventando uno strumento cognitivo necessario per la formulazione delle decisioni e delle scelte. Pertanto, la valutazione si configura come uno strumento implicito del processo decisionale, orientato alla produzione di conoscenza per l'azione e tale da rendere il *decision maker* capace di anticipare i cambiamenti e di reagire alla complessità ed all'incertezza. In questo senso, la valutazione è in grado di accrescere le potenzialità di esplorazione dello spazio delle azioni e l'applicazione dei modelli di valutazione può consentire di guidare il processo all'interno di percorsi strategici predefiniti (Fusco Girard et al., 2003).

Nell'evidenziare le criticità relative alla promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico, molte sono legate alle carenti modalità di finanziamento, non preparate alle nuove tipologie di produzione di elettricità ed al parco edilizio non adeguato. Nella ricerca di nuovi scenari, vanno considerate altre forme di

finanziamento, che siano “integrate ed adeguate” alle problematiche della collettività e del contesto.

**Figura 34 – Applicazioni possibili: Friburgo, quartieri Solar Siedlung e Rieselfeld**



**Figura 35 – Possibili applicazioni: Napoli, quartiere Caritas a Pianura**



Se le modalità proposte ed imposte dal mercato tradizionale risultano poco efficaci, perché calibrate sui vecchi modelli di approvvigionamento energetico, bisogna fare riferimento, per l'implementazione delle "fonti energetiche alternative", alla cosiddetta "finanza alternativa". I modelli analizzati vanno sicuramente ri-orientati a seconda del contesto di riferimento, ma rappresentano un'opportunità per un "futuro possibile".

L'approccio metodologico proposto, diventa uno strumento efficace di supporto alla decisione per l'individuazione di scelte strategiche in cui, le *valutazioni integrate*, rappresentano la risposta ad eventuali "conflitti", che possono insorgere, in particolare, nell'implementazione delle rinnovabili.

Il processo di apprendimento, di educazione e di consapevolezza è necessario per passare, dal "possibile", al reale. Pertanto una corretta valutazione va inserita e rimodulata nello specifico contesto di riferimento anche se i limiti dell'analisi finanziaria, in questo senso, sono evidenti. Essa è necessaria per definire le questioni legate ai finanziamenti senza le quali, purtroppo, all'interno dell'attuale sistema economico, sono di improbabile risoluzione. Per questo motivo, nel passare dall'economia ambientale all'ecologica, dall'approccio monocriterio al multicriterio, anche una proposta di modalità di finanziamento possibile fa riferimento alla logica della cosiddetta "finanza alternativa", che tiene conto dei diritti delle generazioni attuali, ma anche di quelle future, proponendo una nuova visione del tasso di sconto, che assume valori negativi.

Anche se il tasso di sconto negativo perde, però, di significato, nelle analisi di breve periodo, può essere interessante considerarne possibili applicazioni, opportunamente rimodulate, soprattutto a scala locale, i titoli a tasso negativo ad esempio oppure la finanza del terzo settore, o nuove forme associative per promozioni finanziarie (modello Eco-Watt).

## 27. Conclusioni: verso nuovi scenari

L'analisi energetica è molto importante per lo studio delle relazioni tra economia e ambiente. Una valutazione riferita all'energia potrebbe essere considerata una novità per il campo economico. Per alcuni le origini degli studi risalgono alla crisi energetica degli anni settanta. Una tecnologia, che diminuisca, irrimediabilmente, le riserve di materie, o generi inquinamento, o violi la capacità delle stesse di rigenerarsi, non è sostenibile. La rilevanza di ciò, è che tutti i processi produttivi, sono caratterizzati dall'afflusso di materie dalla natura e dal deflusso di rifiuti alla natura, e sono, dunque, limitati. Può essere importante tenere conto di alcune considerazioni (Munda, 2002):

- gli ecosistemi naturali sono influenzati negativamente dai rifiuti prodotti dal sistema economico. Se le interazioni tra ambiente ed economia fossero prese in considerazione, nascerebbe spontaneo chiedersi quale possa essere la capacità dell'ambiente di sostenere l'economia;
- la sostituzione del capitale naturale con il più proficuo capitale artificiale non è una risposta accettabile ai problemi ambientali;
- l'idea di mantenere inalterato il capitale naturale è auspicabile; sfortunatamente ciò è di difficile applicazione. Il più grande ostacolo a riguardo, è connesso alla possibilità di una quantificazione monetaria dei beni ambientali;
- i problemi ambientali sono molto complessi e caratterizzati da incertezza scientifica. Ciascun metodo che cerca di ottimizzare il concetto di sviluppo sostenibile è necessariamente un approccio di "second best";
- nella teoria economica possono essere identificati tre valori principali tra loro in contrasto: allocazione, distribuzione e scala. In un lavoro di "framework", significa che devono essere presi in considerazione criteri di efficienza, etici ed ecologici;
- l'economia ecologica riconosce che economia ed ecologia non sono sufficienti ad operare una corretta scelta nel processo decisionale, in quanto, le disposizioni in materia ambientale, devono utilizzare un procedimento decisionale democratico e scientifico-politico.

Questo è utile per identificare le sostanziali differenze tra l'economia ambientale tradizionale e l'economia ecologica in relazione al concetto di sviluppo sostenibile (tab. 32).

Gli anni trascorsi dalla conferenza di Rio de Janeiro hanno visto un notevole sforzo, da parte di tutte le organizzazioni, statali, economiche, sociali, per tradurre, operativamente, la definizione secondo cui, la sostenibilità, è lo sviluppo che soddisfa i bisogni delle generazioni attuali senza pregiudicare il soddisfacimento di quelli delle generazioni future. Una questione che ha coinvolto anche il movimento delle cooperative di abitanti poiché al centro della definizione vi sono i bisogni ed i vincoli. Entrambi hanno alle spalle questioni non facili che cercano di rispondere a domande come: “quali sono i bisogni da considerare, di chi e quali sono i limiti e come li misuriamo”.

Negli ultimi anni, un numero crescente di stati e di organizzazioni, sulla base di come vengono considerate queste variabili e di come si interpreta la responsabilità verso le generazioni presenti e future, determinano le proprie strategie in base a differenti orientamenti alla sostenibilità: *forte* o *debole* (Turner et al., 2002; Casoni e Polidori, 2002).

**Tabella 32 – Dall'economia ambientale all'economia ecologica**

<b>Economia ambientale</b>	<b>Economia ecologica</b>
Pretende di essere libera	Concetti chiave sono l'interdisciplinarietà e la transdisciplinarietà
Precisa visione sul significato di sviluppo economico	Il principio di sostenibilità è basato sui concetti di co-evoluzione e diversità
Principio chiave è la comparabilità forte che si basa sulla forte commensurabilità	Principi chiave sono l'incommensurabilità, la multidimensionalità e la comparabilità debole
La sola possibile applicazione del concetto di sostenibilità è la <i>sostenibilità debole</i>	Gli indicatori biofisici spiegano la <i>sostenibilità forte</i>

Fonte: Munda, 2002

La *sostenibilità forte* afferma la infungibilità delle risorse naturali, poiché esse sono parte insostituibile del patrimonio a disposizione; al loro degrado non c'è rimedio. Esse, quindi, non sono sostituibili,

neanche dall'incremento di altri valori, come quelli sociali o economici. Tra loro, infatti, c'è complementarità. La *sostenibilità debole* afferma, invece, che è possibile sostituire le risorse naturali, se ciò porta ad un aumento del valore totale del sistema, a patto che, nel lungo periodo, lo stock di risorse naturali sia almeno costante.

Ma se è vero che le due posizioni sono alternative nel breve periodo, perché propongono priorità differenti, e che, la *sostenibilità debole*, si presenta come più pragmatica, è anche vero che, le risorse naturali, non sono indefinitivamente sostituibili con quanto prodotto dall'uomo. A lungo termine la *sostenibilità forte* è l'unica strategia in grado di assicurare alle attività umane ed economiche di poter continuare ad esistere. È per questo motivo che nell'agenda operativa di nazioni, città, organizzazioni dovrebbero essere presenti delle convergenze, all'interno della programmazione temporale, dove al breve termine si associano politiche di rendimento immediato (*sostenibilità debole*) e nel medio e lungo termine politiche e programmi di accumulazione (*sostenibilità forte*).

Nella costruzione di scenari possibili va considerata la valutazione come elemento chiave e di sostegno al processo decisionale. Il ruolo fondamentale dell'energia e dell'approvvigionamento energetico consente di fruire delle potenzialità della valutazione a vario livello e nei diversi momenti dei processi decisionali, appunto. Anche le valutazioni finanziarie ed economiche possono essere "riconstrate" alla luce di nuovi sistemi per "internalizzare" le esternalità e di adoperare i "tassi di sconto". Considerati "non equi", in quanto non in grado di fornire corrette valutazioni relative, in particolare, alle generazioni future, tuttavia, l'uso di tassi molto bassi, o addirittura negativi, sembra mettere d'accordo le diverse scuole di pensiero dell'economia ambientale. Il futuro è preventivabile, tuttavia, non sempre accade ciò che si è previsto. Pertanto, potrebbe essere auspicabile, non utilizzare il tasso di sconto se ci si riferisce a scelte che possano avere impatti sulle future generazioni. Ogni azione ed ogni scelta possono avere impatti in futuro, ma, il miglioramento della qualità della vita delle generazioni attuali ed il rispetto dell'ecosistema,

è sicuramente un punto di partenza per non superare i limiti imposti dalla *carring capacity*.

Il percorso metodologico presentato considera la valutazione “centrale” al processo decisionale e cerca di strutturare un percorso che si avvalga delle diverse potenzialità della valutazione stessa, e di differenti metodi disponibili, per cercare di analizzare gli aspetti connessi con le fonti energetiche rinnovabili ed il risparmio energetico.

L’approccio valutativo proposto è di tipo “integrato” in quanto si è posto l’obiettivo di tenere conto dell’obiettivo proposto, la promozione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico, considerandoli rispetto alle diverse dimensioni della sostenibilità, economica, ecologica, sociale.

L’analisi del singolo impianto ha permesso di chiarire le possibilità di “applicazione” dal punto di vista finanziario, delle caratteristiche della tecnologia considerata, ma, la normativa nazionale di riferimento, pur esplicita rispetto a vari aspetti pratici, domanda, comunque, la “reale attuazione” agli enti locali. Per il momento, dette attuazioni, sono ancora legate a “comportamenti virtuosi” delle amministrazioni locali. Allo stato attuale, anche in Italia si stanno sviluppando nuovi quartieri che adoperano tecniche costruttive innovative ed attente ai criteri dell’edilizia bio-eco-compatibile, correlata con l’installazione di tecnologie che impiegano fonti energetiche rinnovabili. La “scoperta” di tali “regole” costruttive, che conferiscono al termine architettura tanti aggettivi quali, ad esempio, “eco-compatibile”, “eco-efficiente”, sono, molto spesso, una semplice “riscoperta” di alcune precetti classici, o regole costruttive dettate spesso dal “buon senso”, che una “corretta architettura” deve seguire.

L’impressione è che, mentre in alcuni paesi il “ritorno” alla sostenibilità sia diventata una “regola di vita”, in altri sia soltanto una “moda”, destinata a cambiare. Ed è proprio quest’ultimo atteggiamento da evitare: l’inconsapevolezza di un’azione potrebbe creare più danni del non farla. Nel percorso di ricerca la valutazione ha assunto un ruolo centrale ed, al tempo stesso, strumentale, per cercare di considerare le questioni connesse alla promozione ed all’incremento delle fonti

energetiche rinnovabili e del risparmio energetico, a diverse scale di applicazione, nonché di integrazione con altri elementi.

La scelta, prima, dell'impianto a scala micro, per un'integrazione nel settore edile ed, a scala di quartiere (urbana), poi, ha permesso di evidenziare le diverse potenzialità delle fonti energetiche rinnovabili, unite a sistemi per il risparmio energetico. Le metodologie valutative utilizzate nel percorso hanno, pertanto, mostrato la validità delle stesse, nei vari momenti del processo (ex ante, in itinere, ex post) riuscendo a far emergere, contemporaneamente, gli aspetti legati alle differenti dimensioni della sostenibilità. In particolare, la valutazione ex post, dopo aver considerato la fattibilità finanziaria (ed economica) dell'applicazione tecnologica singola, consente di tirar fuori delle "regole decisionali" che non pretendono di essere delle ferree linee guida da seguire, ma indicazioni, punti di partenza per semplificare e, soprattutto, migliorare, la valutazione ex ante, con la conseguente scelta di prospettive di azione e di intervento, in un approccio ciclico e di continuo apprendimento.

Tale approccio suggerisce un percorso utile, nel sistema di supporto alle decisioni, fornendo maggiori indicazioni per stabilire un piano d'azione, soprattutto a livello locale. Non è sempre verosimile che esperienze di successo debbano ripetersi ma, se si aumenta il numero di casi analizzati, sicuramente le "regole" fornite diventano maggiormente significative. Inoltre, seppure non si voglia tenere conto dei singoli indicatori considerati, essi possono essere nuovamente determinati a seconda delle esperienze e del contesto. La metodologia di approccio al problema ed i criteri di riferimento, però, possono fornire, sicuramente, un punto di partenza per nuove esperienze. La scelta della micro-scala e del settore architettonico-edilizio è connesso al forte contributo di emissioni (40% del totale) che esso apporta a danno del clima e dell'ambiente, ma soprattutto perché, l'"inversione di tendenza", può essere guidata da cittadini ed enti locali che diventino consapevoli dei problemi connessi ai cambiamenti climatici e, di quanto, gli interventi effettuati a scala locale, possano contribuire al miglioramento della qualità della vita, ovvero, ad uno sviluppo sostenibile. Nell'affrontare

dette questioni ci si rende conto che non tutti gli strumenti, attualmente disponibili, sono adeguati all'uso. La finanza del terzo settore, insieme con proposte di collaborazione a livello locale, si sono spesso dimostrate vincenti. Ciò può sembrare “utopia”, ma potrebbe diventare una “soluzione possibile”. È necessario essere pronti e disposti ad accettare proposte che vengono dal mercato e dall'economica convenzionali, ma anche quelle, cosiddette, “alternative”. L'attuale logica di mercato tende, spesso, ad impedire i cambiamenti e può diventare difficile “rimodulare” il sistema economico, così come auspicato da molti esperti, a causa dei cambiamenti reali ed imminenti. Nonostante le diverse scuole di pensiero, relative sia all'esaurimento di alcune risorse, nonché danni ambientali irreversibili, relativi all'effetto serra, siano più o meno drastiche nelle previsioni di scenari futuri, vero è che i cambiamenti climatici sono agli occhi di tutti ed anche problemi connessi con l'approvvigionamento energetico e l'inquinamento, riscontrabili anche a livello locale.

Il cambiamento è possibile, oltre che necessario, e non è legato ad una “riduzione” della crescita economica. Le cosiddette “solar cities”, in Germania in particolare, hanno re-indirizzato il settore produttivo verso le fonti energetiche rinnovabili ed il risparmio energetico, creando i cosiddetti settori “verdi”. Anche piccole città come Friburgo e Gelsenkirchen sono riuscite a migliorare, al contempo, la qualità della vita dei cittadini ed il Prodotto interno lordo. Il “migliore dei mondi possibili” è quello che riusciamo a costruirci superando i “limiti imposti” dalla crescita mediante uno sviluppo che tenga conto del fatto che il “sistema” in cui viviamo è, comunque, chiuso ed è opportuno rispettare le “regole” dell'ecosistema. Riuscire a vivere in armonia con i diversi elementi di detto “sistema” comporta l'identificazione degli stessi di un proprio valore e di una propria vitalità. La valutazione, con i suoi diversi metodi e momenti applicativi, è lo strumento che ci permette di considerare le diverse componenti del sistema ed anche le loro interrelazioni. È di supporto alle scelte e mette l'uomo o decisore, in condizione di operare la migliore scelta possibile. Utilizzare la valutazione, o meglio le “valutazioni integrate”, all'interno dell'intero

processo decisionale, fornisce, non solo l'opportunità di selezionare l'alternativa "preferibile", tra quelle proposte, ma anche la possibilità di costruire le alternative stesse, proponendo diversi scenari di sviluppo.

L'approccio proposto ha considerato la costruzione di un possibile percorso per esplicitare le potenzialità e l'esigenza delle "valutazioni integrate" per affrontare una questione rilevante dello sviluppo dell'intero paese, la questione energetica che comporta problemi ambientali, economici, politici, sociali. La scala di approccio al problema, se a scala globale può sembrare insormontabile, a scala locale consente diverse possibilità di attivazione di misure volte al raggiungimento di un obiettivo che si tenta di perseguire dal 1992, al summit di Rio de Janeiro. Le fonti energetiche rinnovabili, insieme con misure di risparmio energetico rappresentano una risposta possibile allo

sviluppo sostenibile in quanto componenti principali di qualsiasi processi di crescita produttiva. La loro promozione ed attivazione, non sono, però, altrettanto immediate. Il percorso metodologico proposto, pur non avendo la pretesa di essere esaustivo, ha fornito una rilettura del ruolo della valutazione, nei diversi momenti applicativi ed attraverso le differenti metodologie disponibili, quale supporto alla decisione e, nel caso specifico, al raggiungimento dell'obiettivo proposto, la promozione e diffusione delle fonti energetiche rinnovabili e del risparmio energetico per uno sviluppo sostenibile.

## 28. Riferimenti bibliografici – Parte I

- Aa.Vv. (2007), “Dossier moduli monocristallini: le schede dei principali moduli fv ultra-efficienti in commercio”, *FV Fotovoltaici anno IV n. 1*, pp. 57-65, *Artenergy Publishing, Milano*.
- Aa.Vv. (2006), “Film sottile: la tecnologia che competerà in futuro col silicio cristallino”, *FV Fotovoltaici anno, III, n. 1*, pp. 50-55, *Artenergy Publishing, Milano*.
- Allen G. (2005), “SB 100. Un sistema per misurare la sostenibilità”, *L'architetturanaturale, anno VIII, n.26*, *EdicomEdizioni, Monfalcone (GO)*.
- Allen G. (2004), “Scuola e architettura. L'architettura insegna e dimostra la sostenibilità”, *L'architetturanaturale, anno VII, n. 25*, pp.2-3, *EdicomEdizioni Monfalcone (GO)*.
- Ayres R. U., Kneese (1969), “Production, consumption and externalities”, in *American Economic Review*, n. 59, pp. 282-297.
- Aste N. (2006), *Il fotovoltaico in architettura*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Bartolazzi A. (2006), *Le energie rinnovabili: energia eolica, energia solare fotovoltaica, energia solare termodinamica, energia da biomassa energia idroelettrica*, Hoepli, Milano.
- Battisti R., Corrado A., Micangeli A. (2005), *Impianti solari termici; Acqua calda con l'energia solare*, Franco Muzzio, Roma.
- Bianchi D. (2004), “Il quadro di riferimento: le politiche ambientali per una giusta globalizzazione e il risveglio dell'Italia”, in A.a.V.v. *Ambiente Italia 2004. 100 indicatori sullo stato del paese*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Bleischwitz R. Hennicke P. (a cura di) (2005), *Economia leggera. L'eco-efficienza dal fattore 4 al business sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Bonaiuti M. (a cura di) (2003), *Georgescu-Roegen Bioeconomia. Verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Bori D. (2006), *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Sistemi Editoriali, Milano.

- Button K.J. (1995), "The Impacts of Transport: What Can We Learn Using Meta-Analysis?", *Regional Studies*, vol.29: 507-517.
- Butera F. M. (2004), *Dalla caverna alla casa ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Calvino I. (1993), *Le città invisibili*, Oscar Mondadori, Milano.
- Capra F. (1990), *Il punto di svolta*, Feltrinelli, Milano.
- Casoni G., Polidori P. (2002), *Economia dell'ambiente e metodi di valutazione*, Carocci, Roma.
- Ceccherini Nelli L. (a cura di) (2004), *Economia della sostenibilità*, Alinea, Firenze.
- Cecchini A., Fulici F. (1994), *La valutazione di impatto ambientale*, Angeli, Milano.
- Cicerchia A. (2000), *Pianificazione strategica e ambiente*, Angeli, Milano.
- Commissione delle Comunità Europee (2006), Libro verde, "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura", Bruxelles.
- Commissione delle Comunità Europee (2005), Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, "Vincere la battaglia contro i cambiamenti climatici", Bruxelles, 9.2.2005, COM(2005) 35 definitivo.
- Commissione delle Comunità Europee (2001), Libro verde, "Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese", Bruxelles.
- Commissione delle Comunità Europee (2000), Libro verde, "scambio dei diritti di emissione di gas ad effetto serra all'interno dell'Unione Europea", Bruxelles.
- Dall'O G. (2006), "Certificazione energetica degli edifici: a che punto siamo", *Il progetto sostenibile*, anno IV n. 10-11, pp.8-15, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Dall'O G.(2005), "Sostenibilità a livello locale: risultati incoraggianti", *Il progetto sostenibile*, anno III, n. 6, pp.18-23, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Daly E. H. (2001), *Oltre la crescita. L'economia dello sviluppo sostenibile*, Edizione di Comunità, Boston.
- Dasgupta A. K. (1985), *La teoria economica da Smith a Keynes*, Il Mulino, Bologna.
- Dasgupta P. (2004), *Human Well-Being and the Natural Environment*, Oxford University Press, Oxford.

- Evans A. W. (1985), *Economia urbana*, Il Mulino, Bologna.
- Florio M. (1988), *I progetti di investimenti: pianificazioni e analisi di fattibilità*, Unicopoli, Milano.
- Florio M. (2002), *La valutazione degli investimenti pubblici vol 1-2*, Angeli, Milano.
- Foray D. (2000), *L'economia della conoscenza*, Il Mulino, Bologna.
- Friedman J., La Cecla F., Zanini P. (a cura di) (2005), *La quotidianità del sistema globale*, Mondadori, Milano.
- Funtowicz S., Ravetz J. (1994), "Emergent Complex Systems", *Futures*, vol. 7, pp. 739-755.
- Fusco Girard L., (1987), *Risorse architettoniche e culturali: valutazioni e strategie di conservazione*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., Nijkamp P., Voogd H. (a cura di) (1989), *Conservazione e Sviluppo: la valutazione nella Pianificazione Fisica*, Angeli, Milano.
- Gallo C. (2006), *L'efficienza energetica degli edifici*, Il sole 24 ore, Milano.
- Gallo P. (2005), *Progettazione sostenibile*, Alinea, Firenze.
- Gauzin-Müller D. (2003), *Architettura sostenibile*, Edizioni ambiente, Milano.
- Garofolo I. (a cura di) (2004), *Per una progettazione consapevole*, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Giovanelli F., Di Bella I., Coiezt R. (2005), *Ambiente Condiviso: Politiche territoriali e bilanci ambientali*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Groppi F. (2006), *Il fotovoltaico per tutti*, Delfino, Milano.
- Grosso M. (2006), "La certificazione energetica degli edifici sul fabbisogno di raffrescamento", *Il progetto sostenibile*, anno IV, n. 10-11, pp. 38-45, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Grosso M., Peretti G., Piardi S., Scudo G. (2005), *Progettazione ecocompatibile dell'architettura*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Hawken P., Lovins A., Hunter Lovins L. (2001), *Il capitalismo naturale*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Hunter J.E., Schmidt F.I., Jackson G. (1982), *Advanced Meta-Analysis: Quantitative Methods for Cumulating Research Findings across Studies*, Sage, Beverly Hills.

- Kapp, K. W., (1970), "Environmental disruption and social costs: A challenge to Economics", *Kyklos* 23: 833-848.
- La Fratta P. (2004), *Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*, Angeli, Milano.
- Leone L., Vecchi G. (2002), *Valutazione 2002: pratiche di valutazione in Italia: consolidamenti, ripensamenti e nuovi ambiti di riflessione*, Angeli, Milano.
- Meadows D. e D., Randers J. (2006), *I nuovi limiti dello sviluppo*, Oscar mondatori, Milano.
- Menna P. (2003), *L'energia pulita*, Il Mulino, Bologna.
- Munda G. (1995), *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment: Theory and Applications in Ecological Economics*, Physica-Verlag, Heidelberg.
- Munda G., Nijkamp P., Rietveld P. (1994), "Qualitative Multicriteria Evaluation for Environmental Management", *Ecological Economics*, vol. 10, pp. 97-112.
- Musu I. (2003), *Introduzione all'economia dell'ambiente*, Il Mulino, Bologna.
- Nuti F. (1987), *L'analisi costi-benefici*, Il Mulino, Bologna.
- Odum E. P. (1971), *Principi di ecologia*, Piccin editore, Padova.
- Orlandi F., Caputo D. (2006), "Il progetto di certificazione energetica e ambientale degli edifici nell'area romana", *Il progetto sostenibile*, anno IV n. 10-11, pp.16-24, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Pallante M. (2004), *Un futuro senza luce?*, Editori Riuniti, Roma.
- Pallante M. (2003), *Ricchezza ecologica*, Manifestolibri, Roma.
- Parancola S. (2005), *La progettazione delle residenze bioarchitettiche*, Il Sole 24 ore, Milano.
- Patton M.Q. (1997), *Utilization-focused Evaluation. The New Century Text*, Thousand Oaks, Sage.
- Pennisi G. (1991), *Tecniche di valutazione degli investimenti pubblici*, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Peretti G., Montacchini E. (2006), "Strumenti di valutazione dell'ecocompatibilità nel progetto di architettura", *Il progetto sostenibile*, anno IV n. 10-11, pp.30-37, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).

- Pietrogrande P, Masullo A. (2005), *Energia verde per un paese "rinnovabile"*, Franco Muzzio, Milano.
- Rifkin J. (2002), *Economia all'idrogeno*, Oscar Mondadori, Milano.
- Rizzo R. (2005), " Il sole per i paesi in sviluppo", *FV Fotovoltaici*, anno II, n. 4, pp50-55, Artenergy Publishing, Milano.
- Ronchi E. (a cura di) (2005), *Il territorio italiano ed il suo governo. Indirizzi per la sostenibilità*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Ronzoni M. R. (a cura di) (2004), *Progettare la sostenibilità*, Alinea, Firenze.
- Rosenthal R. (1991), *Meta-Analytic Procedures for Social Research*, Sage, Beverly Hills.
- Sabbatini P. (a cura di) (2004), *Keynes. Come uscire dalla crisi*, Laterza, Bari.
- Sala M. (2001), *Recupero edilizio e bioclimatica. Strumenti, tecniche e casi studio*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Sartogo F. (2006), *Premio solare europeo:selezione italiana 1999-2004*, Alinea, Firenze.
- Scheer H. (2004), *Il solare e l'economia globale*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Scheer H. (2006), *Autonomia energetica. Ecologia, tecnologia e sociologia delle risorse rinnovabili*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Schibel K. L., Zamboni S. (2005), *Le città contro l'effetto serra cento buoni esempi da imitare*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Scudo G., Piardi S. (2002), *Edilizia sostenibile. 44 progetti dimostrativi*, Sistemi
- Sen A. (2005), *Etica ed economia*, G.L.F. Laterza, Bari.
- Sen A. (2001), *Lo sviluppo è libertà*, G.L.F. Laterza, Bari.
- Sen A. (2004), *La democrazia degli altri*, Oscar Mondadori, Milano.
- Silvestrini G. (2006), "Da Kyoto alla certificazione energetica degli edifici", *Il progetto sostenibile*, trimestrale anno IV, n. 10-11, pp.4-7, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Smith N.L. (1990) Cautions on the Use of Investigative Case Studies in Meta-evaluation, *Evaluation and Program Planning*, 13(4), 373-378.

- Socco C. (a cura di) (2005), *Linee guida per la valutazione ambientale strategica dei PRGC*, Angeli, Milano.
- Spagnolo M. (2002), *Il sole nella città. L'uso del fotovoltaico nell'edilizia*, Franco Muzzio, Roma.
- Turner K. R., Pearce D. W., Bateman I. (2002), *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna.
- Unione Europea – Politiche regionali (2003), *Le politiche strutturali e i territori dell'Europa. Competitività, sviluppo sostenibile e coesione in Europa Da Lisbona a Göteborg*, Europe Direct, Bruxelles.
- Todd N.J. Todd J. (1997), *Progetto secondo natura*, Elèuthera.
- Voogd H. (2001), *Recent Developments in evaluation*, Geo Press, USA
- Voogd H. (1997), “*The changing role of evaluation methods in a changing planning environment: some Dutch experiences*”, Published in: *European planning studies*, vol.5, n.2, p. 257-266.
- Wienke U. (2002), *L'edificio passivo*, Alinea, Firenze.
- Wolter C., Calderoni M. (2005), “*Dentro il solare termico*”, *Il progetto sostenibile*, anno III, n. 6, pp.46-53, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Zeleny M. (1982), *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill Book Company; USA.
- Zorzoli G. B. (2006), “*Un Paese troppo caro*”, *Qualenergia*, anno IV, n. 4, pp. 7-9.
- Zorzoli G.B. (2005), *Il mercato elettrico. Dal monopolio alla concorrenza*, Franco Muzzio, Roma.

## 29. Riferimenti bibliografici – Parte II

- Aa.Vv. (2005), *Ambiente Italia 2005. 100 indicatori sullo stato del paese*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Aa.Vv. (2004), *Ambiente Italia 2004. 100 indicatori sullo stato del paese*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Aa.Vv. (2004), *Abitare il futuro. Città, Quartieri, case*, SAIE, Milano.
- Aste N. (2006), *Il fotovoltaico in architettura*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Baaijens S., Nijkamp P. (2000), “Meta-Analytic Methods for Comparative and Exploratory Policy Research: An Application to the Assessment of Regional Tourist Multipliers”, *Journal of Policy Modeling*, vol.22(7): 821-858.
- Baaijens S., Nijkamp P. (1999), “Explanatory Meta-Analysis for the Comparison and Transfer of Regional Tourist Income Multipliers”, *Regional Studies*, vol.32(9): 839-849.
- Bal F., Nijkamp P., (2001), “In search of valid results in a complex economic environment: the potential of meta-analysis and value transfer”, in *European journal of operational research*, Tinbergen Institute, Amsterdam.
- Balletti F., Soppa S. (2005), *Paesaggio in evoluzione. Identificazione, interpretazione, progetto*, Angeli/Urbanistica, Milano.
- Bartolazzi A. (2006), *Le energie rinnovabili: energia eolica, energia solare fotovoltaica, energia solare termodinamica, energia da biomassa energia idroelettrica*, Hoepli, Milano.
- Battisti R., Corrado A., Micangeli A. (2005), *Impianti solari termici; Acqua calda con l'energia solare*, Franco Muzzio, Roma.
- Beinat E., Nijkamp P. (eds) (1998), *Multicriteria Evaluation in Land-use Management: Methodologies and Case Studies*, Kluwer, Dordrecht.
- Bertuglia C. S., Rota F. S., Staricco L. (2004), *Pianificazione strategica e sostenibilità urbana*, Angeli/Urbanistica, Milano.
- Bettini V. (2002), *Valutazione dell'impatto ambientale*, Utet Libreria, Torino.
- Bezzi C. (2002), *Il disegno della ricerca valutativa*, Angeli, Milano.

- Casoni G., Polidori P. (2002), *Economia dell'ambiente e metodi di valutazione*, Carocci, Roma.
- Ceccherini Nelli L. (a cura di) (2004), *Economia della sostenibilità*, Alinea, Firenze.
- Cecchini A., Fulici F. (1994), *La valutazione di impatto ambientale*, Angeli, Milano:
- Cerreta M. (2004), "Strategie integrate di sostenibilità: le valutazioni ex post per la costruzione dell'"alternativa ecologica"", in Fusco Girard L., Nijkamp P. (a cura di), *Energia, bellezza e partecipazione: la sfida della sostenibilità. Valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo*, Angeli, Milano.
- Cerreta M., Salzano I. (2004), "Dalle valutazioni ex post alle valutazioni ex ante: un approccio metodologico per la conservazione integrata del patrimonio culturale", in *Conoscenza, innovazione e sviluppo territoriale*, XXV Conferenza Italiana di Scienze Regionali, (AISRE), Novara, CD-Rom.
- Cesi Ricerca (2003), *Sistema di supporto alle decisioni Sesamo*, Cesi - Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milano.
- Commissione delle Comunità Europee (2006), *Libro verde*, "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura", Bruxelles.
- Commissione delle Comunità Europee (2005), *Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni*, "Vincere la battaglia contro i cambiamenti climatici", Bruxelles, 9.2.2005, COM(2005) 35 definitivo.
- Commissione delle Comunità Europee (2001), *Libro verde*, "Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese", Bruxelles.
- Commissione delle Comunità Europee (2000), *Libro verde*, "scambio dei diritti di emissione di gas ad effetto serra all'interno dell'Unione Europea", Bruxelles.
- Cook T.D., Leviton L.C. (1980), "Reviewing the Literature: A Comparison of Traditional Methods with Meta-Analysis", *Journal of Personality*, vol.48: 449-472.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. (1997), "The Value of

- the World's Ecosystem Services and Natural Capital", *Nature*, vol. 387, pp. 253-260.
- Costanza R., Folke C. (1997), "Valuing Ecosystem Services with Efficiency, Fairness, and Sustainability as Goals", in Daily G.C. (ed.), *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, pp. 49-68.
- Daly E. H. (2001), *Oltre la crescita. L'economia dello sviluppo sostenibile*, Edizione di Comunità, Boston.
- Degli Espinosa P. (2006), *Italia 2020: energia ed ambiente dopo Kyoto*, Edizioni Ambiente, Milano.
- De Marchi B., Funtowicz S.O., Lo Cascio S., Munda G. (2000), "Combining Participative and Institutional Approaches with Multicriteria Evaluation. An Empirical Study for Water Issues in Troina, Sicily", *Ecological Economics*, 34(2): 267-282.
- Di Palma D., Lucentini M., Rottenberg F. (2005), *Il business dell'efficienza energetica: I "certificati bianchi"*, Franco Muzzio, Milano.
- Evans A. W. (1985), *Economia urbana*, Il Mulino, Bologna.
- Ferrazzi F. (2007), "Silicio: quando ne serve per il catturare il Sole?", *FV Fotovoltaici*, anno IV, n. 1, pp.80-83; *Artenergy Publishing, Milano*.
- Filippi M., Rizzo G. (2007), *Certificazione energetica e verifica ambientale degli edifici*, Dario Falccovio, Palermo.
- Florio M. (2002), *La valutazione degli investimenti pubblici vol 1-2*, Angeli, Milano.
- Forss K., Rebien C.C., Carlsson J. (2002), "Process Use of Evaluations", *Evaluation*, vol.8(1): 29-45.
- Fusco Girard L., You N. (a cura di) (2006), *Città attrattori di speranza: dalle buone pratiche alle buone politiche*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., Nijkamp P. (a cura di) (2004), *Energia, bellezza e partecipazione: la sfida della sostenibilità. Valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo*, Angeli, Milano.

- Fusco Girard L., Forte B., Cerreta M., De Toro P., Forte F. (eds.) (2003), *The Human Sustainable City. Challenges and Perspectives from the Habitat Agenda*, Ashgate, Aldershot.
- Fusco Girard L., Forte B., Cerreta M., De Toro P., Forte F. (a cura di) (2003), *L'uomo e la città. Verso uno sviluppo umano e sostenibile*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., Cerreta M., De Toro P., Garzillo C. (2003), "Leonardo da Vinci Program: Skills and Competencies Development in Local Agenda 21 Process" (I/01/B/C/PP-120592), EU commission.
- Fusco Girard L., Nijkamp P. (1997), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., (1987), *Risorse architettoniche e culturali: valutazioni e strategie di conservazione*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., Nijkamp P., Voogd H. (a cura di) (1989), *Conservazione e Sviluppo: la valutazione nella Pianificazione Fisica*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L. (2002), "Una riflessione sull'attuazione dell'Agenda Habitat: alcune "best practices"", in A.a.V.v. (a cura di), *HabitatAgenda/AgendaHabitat. Verso la sostenibilità urbana e territoriale*, Angeli, Milano, 187-245.
- Fusco Girard L., Cerreta M. (2001), "Il patrimonio culturale: strategie di conservazione integrata e valutazioni", *Economia della cultura*, 2, 175-185.
- Gallo C. (2006), *L'efficienza energetica degli edifici*, Il sole 24 ore, Milano.
- Gallo P. (2005), *Progettazione sostenibile*, Alinea, Firenze.
- Glass G. V. (1976), "Primary Secondary and Meta-Analysis of Research", *Educational Research*, vol.5: 3-8.
- Greco S., Matarazzo B., Slowinski R. (1995), "Rough Set Approach to Multiattribute Choice and Ranking Problems", *ICS Research Report 38/95*, Warsaw University of Technology, Varsavia.
- Groppi F. (2006), *Il fotovoltaico per tutti*, Delfino, Milano.
- Groppi F., Zuccaro C. (2000), *Impianti solari fotovoltaici a norme CEI*, Delfino, Milano.

- Grosso M. (2006), “La certificazione energetica degli edifici sul fabbisogno di raffrescamento”, *Il progetto sostenibile*, anno IV, n. 10-11, pp. 38-45, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Hawken P., Lovins A., Hunter Lovins L. (2001), *Il capitalismo naturale*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Healey P. (2003), *Città e istituzioni. Piani collaborativi in società frammentate*, Dedalo, Bari.
- Hedges L.V., Olkin I. (1985), *Statistical Methods for Meta-Analysis*, Academic Press, Orlando, FL.
- Herwijnen M. Van, Janssen R. (1988), “Definite”, in A.G. Locket, G. Islei (eds), *Improving Decision Making in Organizations*, Springer, Berlin.
- Hinloopen E., Njikamp P. (1990), “Quantitative Multiple Criteria Choice Analysis”, *Quality and Quantity*, vol.24: 37-56.
- Hunter J.E., Schmidt F.I., Jackson G. (1982), *Advanced Meta-Analysis: Quantitative Methods for Cumulating Research Findings across Studies*, Sage, Beverly Hills.
- La Fratta P. (2004), *Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*, Angeli, Milano.
- Leone L., Vecchi G. (2002), *Valutazione 2002: pratiche di valutazione in Italia: consolidamenti, ripensamenti e nuovi ambiti di riflessione*, Angeli, Milano.
- Lichfield N. (2001) Community Impact Assessment and Planning. The Role of Objectives in Evaluation Design, in H. Voogd (ed), *Recent Developments in Evaluation in Spatial, Infrastructure and Environmental Planning*, Geo Press, Groningen, 75-83.
- Lichfield N., Barbanente A., Borri D., Khakee A., Prat A. (1998) *Evaluation in Planning: Facing the Challenge of Complexity*, Kluwer, Dordrecht.
- Lichfield N. (1996), *Community Impact Evaluation*, UCL Press, London.
- Lichfield N. (1989), *Economics in Urban Conservation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Mann C. (1990), “Meta-Analysis in the Breech”, *Science*, vol.249: 476-480.
- Martinez-Alier J., Munda G., O’Neill J. (1998), “Weak Comparability of Values as a Foundation for Ecological Economics”, *Ecological Economics*, 26: 277-286.

- Matarazzo B., Nijkamp P. (1997), "Methodological Complexity in the use of Meta-Analysis for Empirical Environmental Case Studies", *International Journal of Social Economics*, vol.34(719): 799-811.
- Munda G. (1996), "Cost-benefit analysis in integrated environmental assessment: some methodological issues", *Ecological Economics*, Barcellona.
- Musu I. (2003), *Introduzione all'economia dell'ambiente*, Il Mulino, Bologna.
- Musu I. (2006), *Il debito pubblico*, Il Mulino, Bologna.
- Newell R., Pizer W., (2001), "Discounting the benefits of climate change mitigation: how much do uncertain rates increase valuations?", *Pew Center on Global Climate Change*, Discussion paper 00-45, Washington.
- Newell R., Pizer W. (2000), "Discounting the benefits of climate change mitigation", *Economics thetical series*, Pew Center Global climate change, Washington.
- Nijkamp P., Vindigni G., (2000), "A Multidimensional Comparative Assessment Methodology for Policy Analysis: a Multi-Country Study of the Agricultural Sector", *Journal of Environmental Systems*, vol.28(1): 71-90.
- Nijkamp P., Pepping G.C. (1998), "Meta-analysis for Explaining the Variance in Public Transport Demand Elasticities in Europe", *Journal of Transportation and Statistic*, vol.1(1): 1-14.
- Nijkamp P., Pepping G. (1997), "A Meta-Approach to Investigate the Variance in Transport Cost Elasticities: A Cross-National European Comparison", *Research Memoranda*, Free University, Amsterdam.
- Nijkamp P., Rietveld P., Voogd H. (1990), *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*, Elsevier, Amsterdam.
- Nuti F. (1987), *L'analisi costi-benefici*, Il Mulino, Bologna.
- Øhrn A., Komorowski J., Skowron A., Synak P. (1997), "A Software System for Rough Data Analysis", *Bulletin of the International Rough Set Society*, vol.1(2): 58-59.
- Øhrn A., Komorowski J., Skowron A., Synak P. (1998), "The ROSETTA Software System", *Bulletin of the International Rough Set Society*, vol.2(1): 28-30.

- Pawlak Z. (1982), "Rough Sets", *International Journal of Information and Computer Sciences*, vol.11: 341-356.
- Pawlak Z. (1991), *Rough Sets. Theoretical Aspects of Reasoning About Data*, Kluwer, Dordrecht.
- Pennisi G. (1991), *Tecniche di valutazione degli investimenti pubblici*, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Philibert C. (2003), "Discounting the future", *International Energy Agency*, Energy and Environment Division, London.
- Philibert C. (2003), "Discounting the future", International Society for Ecological Economics. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics,
- Pietrogrande P, Masullo A. (2005), *Energia verde per un paese "rinnovabile"*, Franco Muzzio, Milano.
- Poladitis H. (2004), "Local renewable energy planning: a participatory Multi-Criteria approach", Taylor&Francis.
- Poladitis H., Haralambopoulos D. (2004), " MCDA-RES: a web-based multi-criteria decision analysis software tool for renewable energy projects", *Energy management laboratory*, USA.
- Predki B., Slowinski R., Stefanowski J., Susmaga R., Wilk Sz. (1998), "ROSE - Software Implementation of the Rough Set Theory", in Polkowski L., Skowron A. (eds) *Rough Sets and Current Trends in Computing*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 1424, Springer-Verlag, Berlin, pp. 605-608.
- Predki B., Wilk Sz. (1999), "Rough Set Based Data Exploration Using ROSE System", in Ras Z. W., Skowron A., (eds), *Foundations of Intelligent Systems*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 1609, Springer-Verlag, Berlin, pp. 172-180.
- Rabl, A. (1996), "Discounting of long term costs: What would future generations prefer us to do?" *Ecological Economics*, n. 17, 137-145.
- Ribeiro R.A., Powell P.L., Baldwin J.F. (1995), Uncertainty in Decision-making: An Abductive perspective, *Decision Support Systems*, 13, 183-193.

- Rizzo R. (2005), "Fraunhofer ISE: il tempio europeo della ricerca FV", *FV Fotovoltaici*, anno II, n. 4, pp.34-38, Artenergy Publishing, Milano.
- Rizzo R. (2005), "Il sole per i paesi in sviluppo", *FV Fotovoltaici*, anno II, n. 4, pp.50-55, Artenergy Publishing, Milano.
- Roberts P. (2005), *Dopo il petrolio*, Gli Struzzi Einaudi, Torino.
- Rogora A. (2005), "Illuminazione pubblica solare fotovoltaica a Cornellà de Llobregat", *Il progetto sostenibile*, anno III, n. 6, pp.34-39, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Rogora A. (2003), *Architettura bioclimatica. La rappresentazione dell'energia nel progetto*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Rolf F., Hotz M. (2003), "Solfarbrink a Friburgo", *L'architetturanaturale*, anno III, n. 23, pp. 20-25, EdicomEdizioni Monfalcone (GO).
- Rosenthal R. (1991), *Meta-Analytic Procedures for Social Research*, Sage, Beverly Hills.
- Sala M. (2001), *Recupero edilizio e bioclimatica. Strumenti, tecniche e casi studio*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Sartogo F. (2006), *Premio solare europeo:selezione italiana 1999-2004*, Alinea, Firenze.
- Scheer H. (2004), *Il solare e l'economia globale*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Scheer H. (2006), *Autonomia energetica. Ecologia, tecnologia e sociologia delle risorse rinnovabili*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Sen A. (2005), *Etica ed economia*, G.L.F. Laterza, Bari.
- Sen A. (2001), *Lo sviluppo è libertà*, G.L.F. Laterza, Bari.
- Sen A. (2004), *La democrazia degli altri*, Oscar Mondatori, Milano.
- Silvestrini G., Gamberale M. (2004), *Eolico: paesaggio e ambiente*; Franco Muzzio, Roma.
- Silvestrini G. (2006), "Da Kyoto alla certificazione energetica degli edifici", *Il progetto sostenibile*, trimestrale anno IV, n. 10-11, pp.4-7, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).

- Slowinski R., Stefanowski J. (1994), "Handling Various Types of Uncertainty in the Rough Set Approach", in Ziarko W.P. (ed.), *Rough Sets, Fuzzy Sets and Knowledge Discovery*, Springer, Berlin.
- Spagnolo M. (2002), *Il sole nella città. L'uso del fotovoltaico nell'edilizia*, Franco Muzzio, Roma.
- Turner K. R., Pearce D. W., Bateman I. (2002), *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna.
- Virtuali A. (2006), "Silicio: presente e futuro del FV", *Energia Solare FV, settembre ottobre, anno III, n. 5, pp. 86-89*, Artenergy Publishing, Milano.
- Wachter K.W. (1988), "Disturbed by Meta-Analysis", *Science*, vol.241: 1407-1408.
- Weitzman, M.L. (1998), "Why the Far Distant Future should be Discounted at its Lowest Possible Rate", *Journal of Environmental Economics and Management*, n. 36, 201-208.
- Weitzman, M.L. (1999), "Just Keep Discounting" in Portney P.R., Weyant J.P. (Eds), *Discounting and intergenerational. Equity, Resources for the Future*, Washington D.C., pp. 23-29.
- Wienke U. (2002), *L'edificio passivo*, Alinea, Firenze.
- Wolf F. (1986), *Meta-Analysis: Quantitative Methods for Research Synthesis*, Sage, Beverly Hills.

### 30. Riferimenti bibliografici – Parte III

- Aa.Vv. (2007), “Dossier moduli monocristallini: le schede dei principali moduli fv ultra-efficienti in commercio”, *FV Fotovoltaici anno IV n. 1*, pp. 57-65, *Artenergy Publishing, Milano*.
- Aa.Vv. (2007), “Focus Germania: le energie rinnovabili nel nuovo paese europeo culla del sole”, *FV Fotovoltaici anno IV n. 1*, pp.71-79, *Artenergy Publishing, Milano*.
- Aa.Vv. (2006), “Conto energia: si, no, forse...”, *FV Fotovoltaici anno, III, n. 1*, pp. 14-16, *Artenergy Publishing, Milano*.
- Aa.Vv. (2005), “L’energia che arriva dal sole:Soluzioni intelligenti per sfruttare le risorse della bella stagione”, *Casaenergia anno VI, n.4*, pp.8-31, *Artenergy Publishing, Milano*.
- Aa.Vv. (2003), *Abitare il futuro. Innovazione Tecnologia Architettura*, BE-MA, Milano.
- Aa.Vv. (1987), *Lezioni di analisi costi-benefici strumenti Formez*, Centro di formazione e Studi per il Mezzogiorno, Napoli.
- Andersson J., Lövehed L. (2001), “100 Communities – RES partnership”, *Energie Cités*, European Commission DG Energy and Transport Altener Programme.
- Ayres R. U., Kneese (1969), “Production, consumption and externalities”, in *American Economic Review*, n. 59, pp. 282-297.
- Aste N. (2006), *Il fotovoltaico in architettura*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Baaijens S., Nijkamp P. (2000), “Meta-Analytic Methods for Comparative and Exploratory Policy Research: An Application to the Assessment of Regional Tourist Multipliers”, *Journal f Policy Modeling*, vol.22(7): 821-858.
- Baaijens S., Nijkamp P. (1999), “Explanatory Meta-Analysis for the Comparison and Transfer of Regional Tourist Income Multipliers”, *Regional Studies*, vol.32(9): 839-849.
- Badenova (2003), *Verbunden Geschäftsbericht*, Dinner druck, Schwanau.

- Bartolazzi A. (2006), *Le energie rinnovabili: energia eolica, energia solare fotovoltaica, energia solare termodinamica, energia da biomassa energia idroelettrica*, Hoepli, Milano.
- Bezzi C. (2002), *Il disegno della ricerca valutativa*, Angeli, Milano.
- Bickel P., Friedrich R. (2005), “Externalities of energy”, *Methodology 2005 Update, Germany*.
- Bleischwitz R. Hennicke P. (a cura di) (2005), *Economia leggera. L'eco-efficienza dal fattore 4 al business sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Brans J.P., Mareschal B. (2002), *PROMETHEE-GAIA. Une Méthodologie d'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples*, Ellipses, Paris.
- Brans J.P., Mareschal B., 1994. The Promcalc & Gaia Decision Support System for Multicriteria Decision Aid, *Decision Support Systems*, Elsevier Science, Oxford, 12, 297-310.
- Brans J.P., Mareschal B. (1994), *The PROMCALC & GAIA Decision Support System for Multicriteria Decision Aid*, *Decision Support Systems*, 12, 297-310.
- Brans J.P., Mareschal B., Vincke Ph. (1984), “Promethee: a new family of outranking methods” in *MCDM, IFORS '84*, Amsterdam, 447-490.
- Brans J.P., Mareschal B., Vincke Ph. (1986), „How to select and how to rank projects: the Promethee method”, *European Journal Operative Research*, 44, 1-10.
- Brans J.P., Vincke Ph. (1985), “A preference ranking organization method: the Promethee method for MCDM”, *Management Science*, 31(6), 647-656.
- Butera F. M. (2004), *Dalla caverna alla casa ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Renewable Energy Sources Act (EEG), 2000.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Amending Renewable Energy Sources Act (EEG), 2004.
- Casoni G., Polidori P. (2002), *Economia dell'ambiente e metodi di valutazione*, Carocci, Roma.
- Ceccherini Nelli L. (a cura di) (2004), *Economia della sostenibilità*, Alinea, Firenze.
- Cecchini A., Fulci F. (1994), *La valutazione di impatto ambientale*, Angeli, Milano:

- Cerreta M. (2004), “Strategie integrate di sostenibilità: le valutazioni ex post per la costruzione dell’“alternativa ecologica””, in Fusco Girard L., Nijkamp P. (a cura di), *Energia, bellezza e partecipazione: la sfida della sostenibilità. Valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo*, Angeli, Milano.
- Cerreta M., Salzano I. (2004), “Dalle valutazioni ex post alle valutazioni ex ante: un approccio metodologico per la conservazione integrata del patrimonio culturale”, in *Conoscenza, innovazione e sviluppo territoriale*, XXV Conferenza Italiana di Scienze Regionali, (AISRE), Novara, CD-Rom.
- Cesi Ricerca (2003), Sistema di supporto alle decisioni Sesamo, Cesi - Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milano.
- Daly E. H. (2001), *Oltre la crescita. L'economia dello sviluppo sostenibile*, Edizione di Comunità, Boston.
- Degli Espinosa P. (2006), *Italia 2020: energia ed ambiente dopo Kyoto*, Edizioni Ambiente, Milano.
- De Simone D. (2003), *Un'altra moneta*, Maltempora, Roma.
- Dierna S., Orlandi F. (2005), *Buone pratiche per il quartiere ecologico*, Alinea, Firenze.
- Di Palma D, Lucentini M., Rottenberg F. (2005), *Il business dell'efficienza energetica: I “certificati bianchi”*, Franco Muzzio, Milano.
- Dubois A., Gadde L.-E. (2002) Systematic Combining: An Abductive Approach to Research Case, *Journal of Business Research*, 55, 553-560.
- Faninger-Lund H. (2002), “Bioclimatism. Helsinki (Finland)”, *Energie-cités*, European Commission DG Energy and Transport Altener Programme, 2-4.
- Forss K., Rebien C.C., Carlsson J. (2002), “Process Use of Evaluations”, *Evaluation*, vol.8(1): 29-45.
- Forum Vauban (2000), *A journey through the model district Vauban*, Freiburg im Breisgau.
- Funtowicz S., De Marchi B., Lo Cascio S., Munda G. (1998), “The Troina Water valuation Study”, a social science research project, valuation for sustainable envi-

- ronments (Valse), EC environment and climate research programme (1994-1998), research area 4 human dimension of environmental change.
- Funtowicz S., Ravetz J. (1994), "Emergent Complex Systems", *Futures*, vol. 7, pp. 739-755.
- Funtowicz S., Ravetz J. (1993), "Science for the Post-Normal Age", *Futures*, vol. 6, pp. 568-582.
- Fusco Girard L., You N. (a cura di) (2006), *Città attrattori di speranza: dalle buone pratiche alle buone politiche*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., Nijkamp P. (a cura di) (2004), *Energia, bellezza e partecipazione: la sfida della sostenibilità. Valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., Forte B., Cerreta M., De Toro P., Forte F. (eds.) (2003), *The Human Sustainable City. Challenges and Perspectives from the Habitat Agenda*, Ashgate, Aldershot.
- Fusco Girard L., Forte B., Cerreta M., De Toro P., Forte F. (a cura di) (2003), *L'uomo e la città. Verso uno sviluppo umano e sostenibile*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L., Cerreta M., De Toro P., Garzillo C. (2003), "Leonardo da Vinci Program: Skills and Competencies Development in Local Agenda 21 Process" (I/01/B/C/PP-120592), EU commission.
- Fusco Girard L., Nijkamp P. (1997), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, Angeli, Milano.
- Fusco Girard L. (2002), "Una riflessione sull'attuazione dell'Agenda Habitat: alcune "best practices"", in A.a.V.v. (a cura di), *HabitatAgenda/AgendaHabitat. Verso la sostenibilità urbana e territoriale*, Angeli, Milano, 187-245.
- Fusco Girard L., Cerreta M., Salzano I. (2006), "Pratiche di sostenibilità: una valutazione ex post", *AEIT*, vol. 93, nr.11, pp. 12-21, Milano.
- Fusco Girard L., Salzano I. (2005), "La promozione delle energie rinnovabili nello sviluppo urbano", *AEIT*, vol. 92, nr.4, pp. 28-37, Milano.
- Fusco Girard L., Cerreta M. (2001), "Il patrimonio culturale: strategie di conservazione integrata e valutazioni", *Economia della cultura*, 2, 175-185.

- Galbraith K. J. (2003), *Il grande crollo*, BUR, Milano.
- Gauzin-Müller D. (2003), *Architettura sostenibile*, Edizioni ambiente, Milano.
- Garofolo I. (a cura di) (2004), *Per una progettazione consapevole*, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
- Gollier C. (2001), "Time horizon and the discount rate", France
- Gollier C. (2003), "Maximizing the expected net future value as an alternative strategy to gamma discounting", France.
- Greco S., Matarazzo B., Slowinski R. (1995), "Rough Set Approach to Multiattribute Choice and Ranking Problems", *ICS Research Report 38/95*, Warsaw University of Technology, Varsavia.
- Groppi F. (2006), *Il fotovoltaico per tutti*, Delfino, Milano.
- Herwijnen M. Van, Janssen R. (1988), "Definite", in A.G. Locket, G. Islei (eds), *Improving Decision Making in Organizations*, Springer, Berlin.
- Hinloopen E., Njikamp P. (1990), "Quantitative Multiple Criteria Choice Analysis", *Quality and Quantity*, vol.24: 37-56.
- Hoel M, Stener T. (2006), "Discounting and relative prices", *Assessing future environmental damages*, Washington.
- Hunter J.E., Schmidt F.I., Jackson G. (1982), *Advanced Meta-Analysis: Quantitative Methods for Cumulating Research Findings across Studies*, Sage, Beverly Hills.
- Kretschmer R.M. (2000), *Freiburg city transport, Freiburger Verkehrs Ag (VAG)*, Stadt Freiburg im Breisgau, Freiburg.
- Lichfield N. (2001) Community Impact Assessment and Planning. The Role of Objectives in Evaluation Design, in H. Voogd (ed), *Recent Developments in Evaluation in Spatial, Infrastructure and Environmental Planning*, Geo Press, Groningen, 75-83.
- Lichfield N., Barbanente A., Borri D., Khakee A., Prat A. (1998) *Evaluation in Planning: Facing the Challenge of Complexity*, Kluwer, Dordrecht.
- Lichfield N. (1996), *Community Impact Evaluation*, UCL Press, London.
- Lichfield N. (1989), *Economics in Urban Conservation*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Martinez-Alier J., Munda G., O'Neill J. (1998), "Weak Comparability of Values as a Foundation for Ecological Economics", *Ecological Economics*, 26: 277-286.
- Matarazzo B., Nijkamp P. (1997), "Methodological Complexity in the use of Meta-Analysis for Empirical Environmental Case Studies", *International Journal of Social Economics*, vol.34(719): 799-811.
- Munda G. (1995), *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment: Theory and Applications in Ecological Economics*, Physica-Verlag, Heidelberg.
- Munda G., Nijkamp P., Rietveld P. (1994), "Qualitative Multicriteria Evaluation for Environmental Management", *Ecological Economics*, vol. 10, pp. 97-112.
- Munda G. (1996), "Cost-benefit analysis in integrated environmental assessment: some methodological issues", *Ecological Economics*, Barcellona.
- Newell R., Pizer W., (2001), "Discounting the benefits of climate change mitigation: how much do uncertain rates increase valuations?", *Pew Center on Global Climate Change*, Discussion paper 00-45, Washington.
- Newell R., Pizer W. (2000), "Discounting the benefits of climate change mitigation", *Economics theoretical series*, Pew Center Global climate change, Washington.
- Nijkamp P., Pepping G.C. (1998), "Meta-analysis for Explaining the Variance in Public Transport Demand Elasticities in Europe", *Journal of Transportation and Statistics*, vol.1(1): 1-14.
- Nijkamp P., Rietveld P., Voogd H. (1990), *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*, Elsevier, Amsterdam.
- Nuti F. (1987), *L'analisi costi-benefici*, Il Mulino, Bologna.
- Odum E. P. (1971), *Principi di ecologia*, Piccin editore, Padova.
- Øhrn A., Komorowski J., Skowron A., Synak P. (1997), "A Software System for Rough Data Analysis", *Bulletin of the International Rough Set Society*, vol.1(2): 58-59.
- Øhrn A., Komorowski J., Skowron A., Synak P. (1998), "The ROSETTA Software System", *Bulletin of the International Rough Set Society*, vol.2(1): 28-30.
- O'Neill J. (1993), "The Varieties of Intrinsic Value", *The Monist*, vol. 75, pp. 119-137.

- Pawlak Z. (1982), "Rough Sets", *International Journal of Information and Computer Sciences*, vol.11: 341-356.
- Pawlak Z. (1991), *Rough Sets. Theoretical Aspects of Reasoning About Data*, Kluwer, Dordrecht.
- Philibert C. (2003), "Discounting the future", *International Energy Agency*, Energy and Environment Division, London.
- Philibert C. (2003), "Discounting the future", *International Society for Ecological Economics. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*,
- Pietrogrande P, Masullo A. (2005), *Energia verde per un paese "rinnovabile"*, Franco Muzzio, Milano.
- Poladitis H. (2004), "Local renewable energy planning: a participatory Multi-Criteria approach", Taylor&Francis.
- Poladitis H., Haralambopoulos D. (2004), " MCDA-RES: a web-based multi-criteria decision analysis software tool for renewable energy projects", *Energy management laboratory*, USA.
- Predki B., Slowinski R., Stefanowski J., Susmaga R., Wilk Sz. (1998), "ROSE - Software Implementation of the Rough Set Theory", in Polkowski L., Skowron A. (eds) *Rough Sets and Current Trends in Computing*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 1424, Springer-Verlag, Berlin, pp. 605-608.
- Predki B., Wilk Sz. (1999), "Rough Set Based Data Exploration Using ROSE System", in Ras Z. W., Skowron A., (eds), *Foundations of Intelligent Systems*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 1609, Springer-Verlag, Berlin, pp. 172-180.
- Rabl, A. (1996), "Discounting of long term costs: What would future generations prefer us to do?" *Ecological Economics*, n. 17, 137-145.
- Ribeiro R.A., Powell P.L., Baldwin J.F. (1995), Uncertainty in Decision-making: An Abductive perspective, *Decision Support Systems*, 13, 183-193.
- Rifkin J. (2002), *Economia all'idrogeno*, Oscar Mondadori, Milano.
- Rizzo R. (2005), "Fraunhofer ISE: il tempio europeo della ricerca FV", *FV Fotovoltaici*, anno II, n. 4, pp.34-38, Artenergy Publishing, Milano.

- Rizzo R. (2005), “ Il sole per i paesi in sviluppo”, *FV Fotovoltaici*, anno II, n. 4, pp50-55, Artenergy Publishing, Milano.
- Rolf F., Hotz M. (2003), “Solfarbrink a Friburgo”, *L'architetturanaturale*, anno III, n. 23, pp. 20-25, EdicomEdizioni Monfalcone (GO).
- Rosenthal R. (1991), *Meta-Analytic Procedures for Social Research*, Sage, Beverly Hills.
- Scheer H. (2004), *Il solare e l'economia globale*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Scheer H. (2006), *Autonomia energetica. Ecologia, tecnologia e sociologia delle risorse rinnovabili*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Seifried D. (2001), *Eco-Watt project building a negawatt power plant in a school*, Büro Ö-quadrat, Freiburg im Breisgau.
- Seifried D. (2003), *Solar & Spar in Gelsenkirchen*, Büro Ö-quadrat, Freiburg im Breisgau.
- Slowinski R., Stefanowski J. (1994), “Handling Various Types of Uncertainty in the Rough Set Approach”, in Ziarko W.P. (ed.), *Rough Sets, Fuzzy Sets and Knowledge Discovery*, Springer, Berlin.
- Solarsiedlung GmbH (2003), *The solar community in Freiburg im Breisgau*, Freiburg im Breisgau.
- Sorokin A. (2005), “L'incentivo alle fonti rinnovabili in Germania è più efficace e meno oneroso che in Germania”, *Ilsoleatrecentosessantagradi*, anno XII, n. 5, ISES Italia, Roma.
- Stadt Freiburg im Breisgau, Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald, Landkreis Emmendingen (2004), *Solarführer Region Freiburg*, Vollmer & End, Freiburg im Breisgau.
- Stadt Freiburg im Breisgau (2003a), *The new district of Freiburg – Rieselfeld: a case study of successful, sustainable urban development*, Freiburg im Breisgau.
- Stadt Freiburg im Breisgau (2003b), *Quartier Vauban*, Freiburg im Breisgau.
- Stadt Freiburg im Breisgau (2003c), *The new district of Freiburg*, Freiburg im Breisgau.

- Turner K. R., Pearce D. W., Bateman I. (2002), *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna.
- Vincenti A. (2006), *Sistemi fotovoltaici: impianti solari in conto energia*, Dario Flaccovio, Palermo.
- Weick K.E. (1979) *The Social Psychology of Organizing*, Random House, New York.
- Weitzman, M.L. (1998), “Why the Far Distant Future should be Discounted at its Lowest Possible Rate”, *Journal of Environmental Economics and Management*, n. 36, 201-208.
- Weitzman, M.L. (1999), “Just Keep Discounting” in Portney P.R., Weyant J.P. (Eds), *Discounting and intergenerational. Equity, Resources for the Future*, Washington D.C., pp. 23-29.
- White L. A. (1969), *La scienza della cultura. Uno studio sull'uomo e la civiltà*, Sansoni, Firenze.
- Yin R.K (2003) *Case Study Research. Design and Methods*, Sage, Thousand Oaks, CA.
- Yunus M. (2002), *Il banchiere dei poveri*, Universale Economica Feltrinelli, Milano.
- Zeleny M. (1982), *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill Book Company;USA.
- Zorzoli G. B. (2006), “Un Paese troppo caro”, *Qualenergia*, anno IV, n. 4, pp. 7-9.
- Zorzoli G.B. (2005), *Il mercato elettrico. Dal monopolio alla concorrenza*, Franco Muzzio, Roma.
- Zipf M., Braun Z. (2000), “Surplus energy from the sun”, *Deutschland*, magazine on politics, culture, business and science, n. 5, october/november, 62-65.

### **31. Riferimenti normativi**

Direttiva 2001/77/CE: “sulla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità” (Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee del 27 ottobre 2001).

Decreto Legislativo 29/12/2003 n.387: “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”.

Legge 23 agosto 2004, n. 239: “Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia”.

Decreto del Ministero delle Attività Produttive e dell’Ambiente e Tutela del Territorio 24/10/2005: “Aggiornamento delle direttive per l’incentivazione dell’energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili ai sensi dell’articolo 11, comma 5, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79”.

Decreto del Ministero delle Attività Produttive e dell’Ambiente e Tutela del Territorio 24/10/2005: “Direttive per la regolamentazione della emissione dei certificati verdi alle produzioni di energia di cui all’articolo 1, comma 71, della legge 23 agosto 2004, n. 239”.

DM 28/07/2005, Criteri per l’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Deliberazione AEEG n. 42/02: “Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell’articolo 2, comma 8, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79”.

Deliberazione AEEG n. 201/04: “Modifica ed integrazione delle deliberazioni dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas 19 marzo 2002, n. 42, e 30 dicembre 2003, n. 168, in materia di riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione e di dispacciamento delle unità di cogenerazione”.

Deliberazione AEEG n. 296/05: “Aggiornamento dei parametri di riferimento per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come

cogenerazione ai sensi dell'articolo 3, comma 3.1, della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 19 marzo 2002, n. 42/02".

Decreto del 20 luglio 2004, "Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all'art.16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164.

Decreto del 20 luglio 2004, "Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali di energia, ai sensi dell'art.9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79.

DM 06/02/2006, Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare

Delibera AEEG n. 28/06, Condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili di potenza nominale non superiore a 20 kW, ai sensi dell'articolo 6 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387

Tariffe incentivanti spettanti agli impianti fotovoltaici ammessi ai sensi dei decreti ministeriali del 28 luglio 2005 e del 6 febbraio 2006

Legge dello Stato 27/12/2006 n. 296; Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007)

Ministro dell'Economia e delle Finanze - Attuazione dei commi 344, 345, 346, 347, 348, 349 della legge 27 dicembre 2006, n. 296, recante legge finanziaria per il 2007, relativi alla detrazione del 55% delle spese per la riqualificazione energetica degli edifici

Decreto Legislativo 29/12/2006 n. 311, Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia, (Gazzetta ufficiale 01/02/2007 n. 26)

Decreto Legislativo 19/08/2005 n. 192, Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, (Gazzetta ufficiale 23/09/2005 n. 222)