

The background of the cover is an aerial photograph of a city and industrial area. Overlaid on the right side of the image are several large, 3D puzzle pieces in shades of green and brown, some of which are missing, creating a fragmented view of the landscape. The ENEC logo is in the top left corner.

ENEC

AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

a cura di
Laura CUTAIA e Roberto MORABITO

**SOSTENIBILITA' DEI
SISTEMI PRODUTTIVI
STRUMENTI E TECNOLOGIE VERSO
LA GREEN ECONOMY**

FOCUS

2012

SVILUPPO SOSTENIBILE

SOSTENIBILITÀ DEI SISTEMI PRODUTTIVI

Strumenti e tecnologie verso la green economy

SOSTENIBILITÀ DEI SISTEMI PRODUTTIVI
Strumenti e tecnologie verso la green economy

A cura di Laura CUTAIA e Roberto MORABITO

2012 ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile

Lungotevere Thaon di Revel, 76
00196 ROMA

ISBN 978-88-8286-258-9



SOSTENIBILITÀ DEI SISTEMI PRODUTTIVI
Strumenti e tecnologie verso la green economy

A cura di

Laura CUTAIA e Roberto MORABITO

Autori

Salvo ove espressamente specificato, gli autori afferiscono all'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali dell'ENEA

- Capitolo 1 Fausta Finzi, Fabio Musmeci, Roberto Luciani, Laura Cutaia, Roberto Morabito
- Capitolo 2 Flaviano D'Amico, Claudia Brunori, Roberto Morabito
- Capitolo 3 Laura Cutaia, Piergiorgio Landolfo, Roberto Morabito
- Capitolo 4 Silvia Ciampi (ISFOL - § 4.1); Mario Jorizzo, Laura Cutaia
- Capitolo 5 Aldo Femia (ISTAT)
- Capitolo 6 Pasquale Spezzano
- Capitolo 7 Floriana La Marca (Università degli Studi di Roma "La Sapienza")
- Capitolo 8 Sergio Cappucci, Andrea Carloni, Massimo Maffucci; Mauro Majone, Enrico Rolle (Università degli Studi di Roma "La Sapienza")
- Capitolo 9 Claudia Brunori, Ermanno Barni, Maurizio Casarci, Doina De Angelis, Marcello Peronaci, Roberto Morabito

Presentazione

La legge di riforma del 2009 ha affidato all'ENEA nuove funzioni di Agenzia, in aggiunta a quelle tipiche di un Ente di ricerca, rafforzandone il mandato verso il sistema della produzione e dei servizi a supporto del decisore pubblico e del sistema imprenditoriale, per l'individuazione di politiche energetiche e ambientali e per lo sviluppo, l'identificazione e il sostegno a processi di innovazione necessari per uno sviluppo sostenibile e competitivo, rispettivamente. La stessa Legge aggiunge lo sviluppo economico sostenibile alle "mission" tradizionali di ENEA su energia, ambiente e nuove tecnologie, in accordo con le strategie europee da Lisbona e Goteborg in poi.

Nell'ultimo decennio, infatti, l'elaborazione di strategie per lo sviluppo sostenibile, basate anche sul raggiungimento di importanti obiettivi di sviluppo tecnologico, ha visto in primo piano l'impegno dell'Europa. In particolare, due iniziative di ampia portata hanno orientato le strategie e le politiche in ambito comunitario: il Piano d'Azione per le tecnologie ambientali, ETAP, e il Piano Strategico per le tecnologie energetiche, SET Plan, che hanno ispirato la recente strategia Europa 2020. È in questi ambiti e prospettive strategiche che, attualmente, si posiziona l'Agenzia ENEA con l'obiettivo di sostanziare missione e compiti insiti nel nuovo mandato istituzionale.

Centrale nel nuovo approccio delle politiche per lo sviluppo sostenibile è, in particolare, l'idea che gli interventi sui sistemi produttivi e sui servizi realizzati con specifiche finalità ambientali siano all'origine di importanti ricadute, non solo ambientali ma anche economiche e sociali, e che tali interventi siano indispensabili per la competitività e la crescita dei sistemi economici. Altrettanto centrale è l'idea, ormai ampiamente condivisa, che tali interventi non possono essere esclusivamente di natura tecnologica propriamente detta, né possono essere esclusivamente di natura "energetica", ma debbono essere frutto di un approccio integrato in grado di condurre i sistemi produttivi verso la sostenibilità con politiche, tecnologie, metodologie, sistemi di gestione, logistica, ecc.

È in questo quadro che l'ENEA si propone tra i principali attori in grado di indirizzare il nostro Paese sui percorsi virtuosi necessari al sistema della produzione e dei servizi per dare piena attuazione ai principi della green economy che sempre più spesso è vista come principale via di uscita dalla crisi economica mondiale che stiamo vivendo.

È in questo quadro, quindi, che ho il piacere di presentare, nella collana Focus ENEA, il libro "Sostenibilità dei sistemi produttivi – Strumenti e tecnologie verso la green economy".

Il libro raccoglie contributi di ricercatori dell'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali e di colleghi dell'Università e di altri Enti di Ricerca organizzati e strutturati per presentare, seppur non in maniera esaustiva, l'insieme degli strumenti, di natura

non direttamente “energetica”, da impiegare in maniera integrata sul percorso della sostenibilità dei sistemi produttivi.

Il libro testimonia, inoltre, l’impegno profuso dall’ENEA in generale, e dall’Unità Tecnica Tecnologie Ambientali in particolare, per essere un punto di riferimento per il Paese sui temi della sostenibilità dei sistemi produttivi e della green economy.

Giovanni Lelli
Commissario ENEA

PREMESSA

Questo libro nasce dalle riflessioni e dalle attività progettuali e di ricerca portate avanti nel 2010/2011 dall'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali (UTTAMB) dell'ENEA, e si avvale di contributi anche da parte di competenze esterne ad ENEA.

Il libro segue il precedente libro "Tecnologie Ambientali per lo Sviluppo Sostenibile" pubblicato nel 2009¹ e vuole essere un contributo al percorso verso uno sviluppo sostenibile intrapreso, più o meno timidamente ma in molti casi irreversibilmente, da molti paesi a livello mondiale, e in primo luogo dall'Unione Europea. Vuole essere anche un contributo all'identificazione di strumenti adeguati a supporto della crescita della *green economy* o, meglio, di una economia sostenibile.

A venti anni di distanza dalla prima Conferenza di Rio, nel giugno 2012 si terrà, sempre a Rio de Janeiro, la Conferenza delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile denominata "Rio+20". L'obiettivo generale della Conferenza è rinnovare l'impegno dei Governi alla piena attuazione dei principi dello Sviluppo Sostenibile e i temi centrali sui quali verteranno i lavori sono quelli della *green economy* e della *governance*.

In vista di Rio+20, e soprattutto in vista del post Rio+20, tutti i paesi si stanno attrezzando con un'agenda delle priorità da perseguire. A partire dalle due emergenze, climatica e energetica, sulle quali più significativamente si sono concentrati l'attenzione e gli sforzi di questi ultimi venti anni, l'agenda dovrà porre in cima alla lista delle priorità anche l'ultima, ma solo relativamente nuova, emergenza economica. Non è un caso quindi che al centro della prossima Conferenza di Rio vi sia il tema della *green economy* come strumento di uscita dalla crisi economica mondiale che stiamo vivendo e, insieme alla *governance*, anche come strumento di lotta alla povertà.

Parlando di *green economy* vi è tuttavia ancora il rischio concreto di associare questa definizione soltanto ad una parte o ad un settore dell'economia "*tout court*", l'economia verde, in contrapposizione all'economia tradizionale. Altra cosa è invece considerare la *green economy* come un nuovo sistema socio economico realizzabile tramite l'applicazione di un insieme di strumenti, alcuni dei quali descritti nel presente libro, in grado di far transitare l'economia tradizionale verso un'economia sostenibile.

Si prefigura quindi un cambiamento radicale che assume più le sembianze di una vera e propria rivoluzione culturale, piuttosto che di un semplice sviluppo di quei

¹ A cura di Brunori Claudia e Morabito Roberto, *Tecnologie ambientali per lo sviluppo sostenibile. Tecnologie di processo, di prodotto e certificazione ambientale*, Collana Focus Sviluppo Sostenibile, ENEA, Roma, 2009.

settori dell'economia più direttamente connessi con la gestione e la salvaguardia dell'"ambiente".

Sin da ora, questa è la vera sfida che abbiamo di fronte ed è su questo obiettivo che devono essere concentrati gli sforzi nel campo della ricerca e dell'innovazione, non solo tecnologica ma anche culturale, economica, finanziaria e sociale.

Restando sul piano tecnologico, è indubbio che uno dei primi obiettivi debba essere la definizione di una politica industriale sostenibile basata sull'ecoefficientamento dell'intero sistema produttivo.

Anche su questo punto è forse necessario cercare di fare chiarezza, in quanto l'obiettivo da traguardare non è semplicemente quello di supportare la crescita della cosiddetta industria ambientale, quanto piuttosto la riconversione di tutto il sistema produttivo verso processi e prodotti industriali sostenibili. È bene cercare di superare quanto prima il rischio di parlare di crescita dell'industria ambientale o dell'ecoindustria come se si trattasse dello sviluppo di un settore a sé stante, anziché della modifica dei meccanismi di funzionamento e regolazione dell'intero sistema di produzione e consumo. In altre parole, l'obiettivo strategico non è il semplice sviluppo dell'industria ambientale, ad esempio l'industria del disinquinamento, ma il passare da una produzione inquinante (la quale ovviamente necessita di un'industria del disinquinamento) ad una produzione non inquinante per la quale quel tipo di industria, la cosiddetta industria delle tecnologie *end of pipe*, potrebbe anche (dovrebbe) non esistere.

È vero che vi è ormai un accordo quasi generale sul ritenere che la *green economy* non si riferisca esclusivamente ai temi relativi ai cambiamenti climatici e alle fonti energetiche rinnovabili; è altrettanto vero, tuttavia, che la grande maggioranza dei contributi di conoscenza, diffusi sia attraverso convegni, *forum* e *workshop* pubblici, sia attraverso la pubblicazione di libri e volumi, verta proprio su questi due temi, e che poca elaborazione e attenzione è ancora tutto sommato dedicata agli aspetti culturali, sociali e tecnologici non legati direttamente a cambiamenti climatici e fonti rinnovabili.

Il tentativo di questo libro è di focalizzare l'attenzione sugli altri grandi temi, primo fra tutti la sostenibilità dei sistemi produttivi non direttamente legata al problema energetico e alle emissioni di gas serra. Visto che il libro nasce all'interno dell'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali, molta attenzione è stata dedicata agli aspetti tecnico-scientifici e meno a quelli sociali ed economici a cui pure sono dedicati i capitoli su *green jobs* e sviluppo economico sostenibile (capitolo 4) e contabilità ambientale (capitolo 5).

Come per il precedente libro, anche questo ha come quadro di riferimento la strategia di Goteborg sullo sviluppo sostenibile e il Piano di azione sulle tecnologie ambientali, l'ETAP (*Environmental Technologies Action Plan*), dell'Unione Europea.

Vale la pena sottolineare ancora una volta come dentro al Piano vi sia, tra l'altro, un'affermazione estremamente importante: le tecnologie ambientali, ovvero le tecnologie compatibili con l'ambiente secondo l'ETAP, non sono solo tecnologie

singole, ma sistemi e approcci integrati che comprendono *know-how*, procedure, beni e servizi, apparecchiature e procedure organizzative e di gestione, ecc. Finisce così la contrapposizione tra tecnologie e metodologie e viene chiaramente indicato che soltanto un approccio di tipo sistemico e integrato, che coinvolge contemporaneamente tecnologie, metodologie, sistemi gestionali e logistici, nonché strumenti di coesione sociale e di promozione di consumi sostenibili, può consentire di affrontare contemporaneamente il problema della sostenibilità sociale e ambientale e della competitività.

In questo quadro, un ruolo fondamentale è svolto dalle strategie di simbiosi industriale che hanno per obiettivo principale la chiusura del ciclo delle risorse (minimizzando il prelievo di risorse dall'esterno e i rifiuti conferiti all'esterno), con ovvi vantaggi ambientali ma anche evidenti vantaggi economici; la simbiosi industriale può essere considerata tra gli strumenti più innovativi che oggi si possano mettere in campo sui percorsi della *green economy* e dello sviluppo sostenibile. Non è un caso che la risoluzione europea di fine settembre 2011, in preparazione di Rio+20, faccia un passo in avanti rispetto a Göteborg 2001, proprio in questa direzione, sottolineando che la *green economy* deve essere incentrata sul disaccoppiamento dell'attività economica non solo dal degrado ambientale ma anche dal prelievo e dall'impiego di risorse.

Esistono esperienze di simbiosi industriale molto sviluppate in alcuni paesi, per esempio la Danimarca, e persino istituti nazionali per la simbiosi industriale come in Gran Bretagna. In Italia c'è poco e quel poco è simbiosi industriale episodica, non sistemica. Tuttavia l'affermazione che il concetto stesso di industria debba essere ripensato alla luce delle nuove sinergie che si possono creare tra imprese è ormai presente in molti documenti strategici, anche italiani, e la migliore sinergia possibile tra industrie è la simbiosi industriale.

ENEA su questo sta lavorando da tempo e ha già avviato un progetto, descritto sinteticamente nel capitolo di chiusura del libro, che prevede tra l'altro la realizzazione della prima piattaforma regionale per la simbiosi industriale in Italia descritta, anch'essa sinteticamente, nel capitolo dedicato alla ecologia industriale e alla simbiosi industriale (capitolo 3).

A fianco del concetto di simbiosi industriale il libro focalizza anche gli interventi di sostenibilità che possono essere, e in alcuni casi sono, realizzati all'interno dei singoli processi industriali (capitolo 6) e a valle di loro, in aree e distretti industriali e sul territorio (capitolo 2), anche con riferimento agli impianti di ritrattamento (capitolo 7) e alle tecnologie di risanamento ambientale (capitolo 8).

Insieme alle tecnologie, il libro offre una panoramica anche su politiche, strategie, normative e strumenti legislativi (capitolo 1), necessari sul percorso della sostenibilità, e si chiude con un breve capitolo di descrizione schematica dei vari progetti in cui è stata, ed è, impegnata l'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali dell'ENEA.

Il libro non è ovviamente onnicomprensivo di tutti gli strumenti che oggi possiamo schierare sul percorso della *green economy* in particolare e della sostenibilità in generale ma è uno dei primi tentativi, se non il primo, di descrizione sistematica, seppur non esaustiva, dei diversi strumenti di programmazione, progettazione, pianificazione, intervento, eco-innovazione, monitoraggio, controllo, generalmente applicati singolarmente ma che fanno invece parte di un'unica "*tool box*" da utilizzare per un approccio integrato, unico approccio che può essere considerato adeguato per la sostenibilità dei sistemi produttivi, siano essi riferiti a singoli processi o prodotti/servizi o ad intere aree e distretti industriali.

Roberto Morabito

Responsabile Unità Tecnica Tecnologie Ambientali, ENEA

SOMMARIO

1	POLITICHE E STRATEGIE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE	15
1.1	Sostenibilità e risorse naturali	15
1.2	Gli accordi internazionali sulla sostenibilità dello sviluppo	19
1.3	POLITICHE EUROPEE	24
1.3.1	Strategie e strumenti per la sostenibilità dello sviluppo	24
1.3.2	Programmi di azione ambientale	33
1.3.3	Politiche di settore	34
1.4	APPROCCI METODOLOGICI E STRUMENTI	43
1.4.1	Approcci metodologici	43
1.4.2	Strumenti	50
1.4.3	L'Agenda 21	54
2	SISTEMI PRODUTTIVI E TERRITORIO	56
2.1	Think globally, act locally	56
2.2	Il territorio	58
2.3	Il sistema produttivo locale in Italia	60
2.3.1	I distretti industriali italiani	60
2.3.2	Le aree industriali ecologicamente attrezzate	63
2.4	Il sistema territoriale delle imprese e lo sviluppo sostenibile	65
2.5	Il sistema di imprese nelle AEA	69
2.6	Modalità di intervento: l'Agenda 21	75
2.7	Il marketing territoriale	76
2.8	Proposta di un modello di sviluppo sostenibile del territorio industrializzato	79
2.9	L'evoluzione dei distretti	81
3	ECOLOGIA INDUSTRIALE E SIMBIOSI INDUSTRIALE	88
3.1	I concetti chiave	88
3.2	Il ruolo della simbiosi industriale	101
3.3	I rifiuti come risorsa per la simbiosi industriale	104
3.3.1	Riciclo, consumo e produzione sostenibili	107
3.4	Reti per la simbiosi industriale	109

3.4.1	Il sistema della rete	109
3.4.2	Lo sviluppo del mercato del riciclaggio e le reti di raccolta	113
3.4.3	Il sistema dei consorzi	115
4	GREEN JOBS E SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE	124
4.1	Trasformazioni del lavoro e nuovi bisogni formativi: quali implicazioni per le politiche	124
4.1.1	Un problema di definizioni ancora aperto	124
4.1.2	Settori produttivi e lavori maggiormente interessati	126
4.1.3	Implicazioni per le politiche	129
4.2	L'economia italiana e i suoi risultati in termini di sviluppo sostenibile	129
4.2.1	Introduzione	129
4.2.2	Il quadro di riferimento italiano	131
4.2.3	Il settore industriale manifatturiero	132
4.2.4	Realtà produttiva e territorio: l'importanza della localizzazione	137
4.2.5	I distretti e la crisi	143
4.2.6	Il settore turistico	147
4.2.7	Il settore della gestione dei rifiuti	150
4.2.8	Lo sviluppo sostenibile del sistema Italia	155
4.3	I costi esterni	170
4.3.1	Esternalità e ambiente, l'esperienza ExternE	171
4.3.2	Rimedi: alternative di politica economica	177
5	LA CONTABILITÀ AMBIENTALE DELLA STATISTICA UFFICIALE IN ITALIA	179
5.1	Introduzione	179
5.2	I conti monetari del SERIEE	182
5.2.1	Le classificazioni della spesa	183
5.2.2	Attori e ruoli	184
5.3	La contabilità dei flussi di materia a livello di intera economia	185
5.3.1	Dominio di analisi	186
5.3.2	Contenuti e criteri di implementazione	189
5.4	La matrice NAMEA dei conti economici nazionali integrata con i conti ambientali	192

5.4.1	La struttura degli schemi contabili	192
5.4.2	Gli obiettivi	196
6	TECNICHE E TECNOLOGIE PER LA SOSTENIBILITÀ DEI SISTEMI PRODUTTIVI INDUSTRIALI	198
6.1	Le tecnologie ambientali e il concetto di BAT	198
6.2	Le piattaforme tecnologiche	200
6.3	Diffusione di informazioni sulle tecnologie ambientali	205
6.4	Cleaner production e pollution prevention	209
6.4.1	L'applicazione dei principi della CP/PP	210
6.5	Esempi di tecniche e tecnologie per la sostenibilità dei sistemi produttivi industriali	214
6.5.1	L'industria siderurgica	214
6.5.2	L'industria cartaria	235
6.5.1	L'industria chimica	255
7	TECNOLOGIE PER IL TRATTAMENTO E LA VALORIZZAZIONE DEI MATERIALI A FINE VITA	279
7.1	Introduzione	279
7.2	La selezione	282
7.3	La riduzione di dimensioni	284
7.4	Lo smontaggio	285
7.5	La separazione e la classificazione	286
7.6	Schemi di impianti di recupero e riciclo	288
7.6.1	Plastica	288
7.6.2	Vetro	296
7.6.3	Metallo	298
7.6.4	Carta	303
8	TECNOLOGIE PER LA BONIFICA E RIQUALIFICAZIONE	306
8.1	Introduzione	306
8.2	Inquadramento ed evoluzione della normativa italiana in materia di bonifiche	307
8.3	Le esperienze ENEA nel settore delle bonifiche	309
8.4	Panoramica degli interventi di bonifica	311
8.4.1	Bioremediation	311
8.4.2	Trattamenti chimico-fisici	316

8.4.3	Trattamenti termici	322
8.5	La riqualificazione dei siti contaminati in Italia come strumento per uno sviluppo sostenibile	323
9	LE ESPERIENZE ENEA - UNITÀ TECNICA TECNOLOGIE AMBIENTALI	330
9.1	Quadro di insieme	330
9.2	Ecoinnovazione nel settore tessile	334
9.2.1	Il progetto BATTLE	335
9.2.2	Il progetto INTEXUSA	340
9.3	Il progetto Ecoinnovazione Sicilia	343
9.3.1	Gli attori coinvolti	345
9.3.2	Articolazione del progetto	345

1 POLITICHE E STRATEGIE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

1.1 Sostenibilità e risorse naturali

Le attività umane incidono sull'ambiente modificando il territorio, le acque, il paesaggio e il clima mentre modificano al contempo l'economia e l'organizzazione sociale.

Le società industriali, caratterizzate da grandi progressi della scienza e della tecnica e da una crescente fiducia nelle capacità di queste di risolvere tutti i problemi, hanno compiuto imprese, scoperte, conquiste e realizzazioni che hanno prodotto anche forti impatti ambientali. La crescente disponibilità di fonti di energia ha portato, tra l'altro, alla produzione di grandi quantità di cibo e di altre merci, producendo l'esigenza di nuovi mercati e quindi la diffusione di mezzi di trasporto affidabili e veloci, che hanno permesso il movimento di materiali, prodotti, risorse e persone su lunghe e lunghissime distanze. Tutto questo, unitamente all'aumento della popolazione a livello mondiale e alla concentrazione di grandi numeri di persone in territori circoscritti, ha portato modificazioni significative dell'ambiente in aree sempre più vaste che ormai interessano l'intero pianeta.

Non è possibile continuare a "crescere" come è stato fatto nel secolo scorso, in cui la popolazione mondiale è aumentata di 4 volte e il prodotto economico di 40 volte, l'uso di combustibili fossili di 16 volte, la pesca di 35 volte e l'uso di acqua di 9 volte². Infatti, se questa crescita da una parte ha portato ad un grande aumento della ricchezza e della prosperità delle popolazioni del cosiddetto occidente, dall'altra ha prodotto grandi alterazioni nell'ambiente e un forte divario economico tra l'occidente e il resto del mondo.

La consapevolezza dell'importanza delle modificazioni che le attività umane portano all'ambiente, in particolare le attività che producono inquinamento dell'aria, del suolo e delle acque e quelle basate sull'utilizzo di risorse non rinnovabili, e delle conseguenze di queste modificazioni sulla salute delle popolazioni e sulle loro prospettive di sviluppo futuro, si è fortemente diffusa nell'opinione pubblica negli ultimi decenni del secolo scorso, anche grazie all'acquisizione di nuovi dati scientifici.

Il rapporto "I limiti dello sviluppo" del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) al Club di Roma (1972)³ fu una delle prime voci a contribuire alla presa di coscienza che l'utilizzo umano delle risorse naturali stava raggiungendo il limite e che questa tendenza, piuttosto che diminuire, poteva superare questa soglia.

² Janez Potočnik, *Green Dot 2010 - Green Economy in Action* (SPEECH/10/532), Square-Brussels Meeting Centre, Brussels, 7 ottobre 2010.

³ Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W., *I limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano, 1972.

Il rapporto è generalmente citato come il documento simbolo di questa nuova consapevolezza, diffusasi peraltro anche per effetto delle crisi economiche ed energetiche verificatisi in quegli stessi anni (nel 1973 e nel 1979) che hanno mostrato quanto sia debole il sistema economico occidentale, completamente dipendente dalle forniture di petrolio e di gas provenienti per la grande parte da paesi politicamente instabili. Tutto ciò ha dato impulso alla ricerca di nuovi giacimenti di petrolio e allo sfruttamento del gas naturale e dell'energia atomica, ma anche ad un forte impegno per lo sfruttamento delle energie rinnovabili, come, ad esempio, quella solare termica e fotovoltaica, quella eolica, e per la diffusione di pratiche di risparmio energetico. La pubblicazione del rapporto contribuisce a far crescere la consapevolezza della necessità di consumare meno o comunque in modo diverso, con minore impatto sull'ambiente, facendo emergere la necessità di mantenere un equilibrato rapporto tra la comunità umana e l'ambiente, riconosciuto come patrimonio naturale, fonte di risorse alimentari e luogo di crescita delle popolazioni e di sviluppo delle organizzazioni sociali per tutti gli esseri viventi (milioni di specie, oltre agli esseri umani).

Del 1987 è la prima definizione di Sviluppo Sostenibile, data all'interno del Rapporto della Commissione Brundtland⁴ (pubblicato in Italia nel 1988), come quello sviluppo "che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni". Da allora si sono succedute numerose altre definizioni mai pienariamente condivise e quindi spesso sottoposte a differenti interpretazioni. Nel 1991 Herman Daly⁵ ricondusse lo sviluppo sostenibile a tre condizioni generali concernenti l'uso delle risorse naturali da parte dell'uomo:

- il tasso di utilizzazione delle risorse rinnovabili non deve essere superiore al loro tasso di rigenerazione;
- l'immissione di sostanze inquinanti e di scorie nell'ambiente non deve superare la capacità di carico dell'ambiente stesso;
- lo stock di risorse non rinnovabili deve restare costante nel tempo.

In tale definizione, viene introdotto anche un concetto di "equilibrio" auspicabile tra uomo ed ecosistema e l'idea, in economia, di uno "stato stazionario"⁶. Qualche anno dopo la Banca Mondiale (Ismail Serageldin⁷, 1996) definisce lo sviluppo sostenibile trovando una rappresentazione "triangolare" su quelli che vengono denominati i tre pilastri della sostenibilità: Economia, Ambiente e Società.

La disponibilità di risorse naturali condiziona fortemente le economie dei paesi. In questo ambito il concetto di risorse naturali si intende in un senso molto ampio

⁴ Brundtland G. H., *Il futuro di noi tutti. Rapporto della commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo*, Bompiani, Milano, 1988.

⁵ Daly Herman E., *Steady State Economics*, Island Press, 1991.

⁶ Daly Herman E., *Beyond Growth*, Beacon Press, 1996.

⁷ Serageldin Ismail, *Sustainability and the Wealth of Nations*, ESD 5, The World Bank, Washington DC, 1996.

che comprende non soltanto le materie prime come i minerali, ma anche la biomassa e le risorse biologiche, i “comparti ambientali” aria, acqua e suolo, lo spazio fisico (superficie terrestre). Sia che queste risorse vengano utilizzate per fabbricare prodotti o come ricettori (“pozzi”) che assorbono le emissioni (suolo, aria e corpi idrici), esse sono essenziali per il funzionamento dell’economia e la qualità della nostra vita. Il modo in cui sono utilizzate le risorse, sia rinnovabili che non rinnovabili, e la velocità con cui le risorse non rinnovabili sono sfruttate stanno rapidamente erodendo la capacità del nostro pianeta di rigenerarle e di preservare le ricchezze e i benefici dispensati dalla natura, che costituiscono il fondamento della nostra prosperità.

Come ha segnalato il recente Rapporto di valutazione degli ecosistemi per il Millennio⁸, nel corso degli ultimi 50 anni gli uomini hanno alterato gli ecosistemi più rapidamente e più estesamente che in qualsiasi altro periodo della loro storia, soprattutto per soddisfare la crescente domanda di prodotti alimentari, acqua dolce, legname, fibre vegetali e combustibile. Ancora oggi l’analisi dei modelli di produzione e consumo evidenzia forti inefficienze nell’utilizzo delle risorse naturali lungo tutto il ciclo di vita dei prodotti: è stato stimato già alcuni anni fa un utilizzo di tali risorse a livello mondiale pari a circa il doppio di quelle sostenibile e una forte disomogeneità nel loro utilizzo a favore dei paesi industrializzati⁹.

Se le tendenze attuali dell’utilizzazione delle risorse dovessero proseguire, si assisterebbe al continuo degrado dell’ambiente e all’esaurimento delle risorse naturali. Questo in particolare riguarda regioni come l’Italia e l’Unione Europea che sono fortemente dipendenti dalle risorse provenienti da altri continenti soprattutto in relazione alla forte espansione di economie come quelle della Cina, dell’India e del Brasile che, partendo da posizioni di bassi consumi pro-capite, utilizzano risorse naturali a ritmo sempre più accelerato. Supponendo che il mondo, nel suo complesso, segua i modelli di consumo occidentali, si è calcolato che tra vent’anni lo sfruttamento delle risorse mondiali sarebbe quattro volte maggiore con gravi ripercussioni negative sull’ambiente. Un’alternativa potrebbe essere quella di adottare un approccio coordinato, con probabili benefici di ordine ambientale ed economico.

La sfida consiste, quindi, nel favorire e stimolare la crescita economica, evitando però al tempo stesso il degrado dell’ambiente (il cosiddetto *decoupling* ovvero la dissociazione tra crescita economica e pressione sull’ambiente naturale). Si tratta peraltro di obiettivi non contraddittori. Se, infatti, un uso efficiente delle risorse contribuisce alla crescita, per converso l’uso inefficiente delle risorse e lo sfruttamento eccessivo delle risorse rinnovabili rappresentano a lungo termine un

⁸ Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC, 2005, pagg. 1-6 (<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>).

⁹ *Strategia d’azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia* - Approvata dal CIPE il 2 agosto 2002 con Deliberazione n. 57- Pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 255 del 30 ottobre 2002, supplemento ordinario n. 205.

freno alla crescita.

L'Unione Europea ha affrontato questa sfida con la Comunicazione (397/2008) della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, sul Piano d'azione "Produzione e consumo sostenibili" e "Politica Industriale Sostenibile" del 16.7.2008 e con il documento "Strategia tematica per l'uso sostenibile delle risorse naturali" di cui alla comunicazione della Commissione Europea COM(2005) 670. A livello nazionale il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare ha prodotto nel 2008 un "Documento preliminare per la strategia Italiana per il consumo e produzione sostenibili".

Gli strumenti per attuare una tale strategia consistono essenzialmente in:

- riduzione del consumo di materie prime (soprattutto non rinnovabili);
- prolungamento della vita dei prodotti (maggiore durata, disponibilità di ricambi, riparabilità);
- sostituzione di beni con servizi (es. *car sharing*);
- riciclaggio e riutilizzo dei prodotti.

Purtroppo l'attuazione di queste politiche si scontra con il modello di sviluppo basato sulla vendita di prodotti di consumo progettati per durare poco e costare relativamente tanto poco da scoraggiarne la riparazione.

Per quantificare e monitorare l'andamento dei prelievi di risorse naturali dall'ambiente sono stati sviluppati alcuni indicatori. Tra questi il *Total Material Requirement* (TMR) ovvero il fabbisogno totale di materiale e il *Material Input Per Unit Service* (MIPS) ovvero il materiale impiegato per unità di servizio.

L'accesso a materie prime e risorse a costi contenuti è un fattore indispensabile per lo sviluppo economico di un'area come quella dell'UE, e dell'Italia in particolare, caratterizzate dalla forte dipendenza dall'esterno per il proprio fabbisogno (per esempio la sua produzione interna di minerali metallici si limita a circa il 3% della produzione mondiale).

Purtroppo la sempre maggiore richiesta di tali risorse, dovuta non tanto all'ulteriore sviluppo delle aree più industrializzate quanto alla crescita di aree che negli ultimi anni hanno aumentato esponenzialmente il proprio fabbisogno (come ad esempio India e Cina), e la limitatezza delle riserve disponibili per alcune di queste risorse (per le riserve di alcune risorse strategiche si stimano durate inferiori ai 50 anni), determinano condizioni di sempre maggiore pressione del mercato e la conseguente crescita dei prezzi¹⁰.

Settori quali le costruzioni, l'industria chimica, l'industria automobilistica,

¹⁰ Per riserva si intende la quantità disponibile di una risorsa naturale, accertata mediante prospezioni e studi, che può essere sfruttata economicamente dall'uomo mediante le tecnologie esistenti. Solo una parte delle risorse naturali disponibili, quindi, possono considerarsi riserve.

l'aerospaziale, l'industria dei macchinari e delle attrezzature, che nell'Unione Europea rappresentano un valore aggiunto totale di 1324 miliardi di Euro e impiegano circa 30 milioni di persone, dipendono tutte dall'accesso alle materie prime¹¹.

Oltre alle risorse energetiche anche le materie prime sono elementi essenziali sia dei prodotti ad alta tecnologia sia dei prodotti di consumo di uso quotidiano, come ad esempio i telefoni cellulari, gli elementi fotovoltaici a strato sottile, gli accumulatori agli ioni di litio, i cavi di fibre ottiche, i combustibili sintetici e tante altre cose ancora. Un recente studio commissionato dalla Commissione Europea ad un gruppo di esperti¹² ha stimato che la disponibilità di 14 materie prime minerali fondamentali per lo sviluppo tecnologico dell'Unione europea in alcuni settori avanzati, diventerà, in prospettiva, sempre più rara. Per antimonio, berillio, cobalto, spatofluoro, gallio, germanio, grafite, indio, magnesio, niobio, platinoidi (PGM = *Platinum Group Metals*), terre rare, tantalio e tungsteno, emerge dalle previsioni che entro il 2030 la domanda potrebbe più che triplicare rispetto a quella del 2006.

Inoltre, per quanto concerne alcune di queste materie prime fondamentali, il rischio maggiore relativo alla loro fornitura è legato al fatto che una quota elevata della produzione mondiale proviene da un numero ristretto di paesi: Cina (antimonio, spatofluoro, gallio, germanio, grafite, indio, magnesio, terre rare, tungsteno), Russia (PGM), Repubblica democratica del Congo (cobalto, tantalio) e Brasile (niobio e tantalio). A questa concentrazione della produzione si aggiungono in molti casi altri fattori aggravanti come ad esempio il basso grado di sostituibilità e i tassi ridotti di riciclaggio.

In ogni caso, pur con tutte le cautele, queste stime testimoniano come le materie prime e le risorse energetiche, ma anche altre risorse naturali (come il terreno agricolo coltivabile ecc.) non sono illimitate e, pertanto, uno sviluppo durevole non è sostenibile senza una politica di forte contenimento dell'utilizzo di tali risorse. È pertanto essenziale svincolare la crescita (aumento del benessere) dall'aumento di prelievo delle risorse. Questo obiettivo si può realizzare, in primo luogo, attraverso la crescita dell'eco-efficienza di prodotti e servizi (riduzione dell'uso di *input* per unità di *output*) e l'aumento della vita utile dei prodotti.

1.2 Gli accordi internazionali sulla sostenibilità dello sviluppo

Quello della sostenibilità dello sviluppo è un tema globale perché i danni all'ambiente dovuti alle attività umane raramente possono essere limitati, nel medio e lungo periodo, al luogo in cui sono prodotti ma, a causa della circolazione

¹¹ Cerretelli Adriana, *Ue in campo sulle materie prime*, ILSOLE24ORE.COM del 4 maggio 2010.

¹² *Critical raw materials for the EU*, Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials - - Version of 30 July 2010.

dell'aria e dell'acqua e della globalizzazione delle attività, e in particolare di quelle economiche, riguardano intere regioni e paesi. Le strategie da adottare devono essere globali e devono essere condivisi a livello globale anche i metodi e i criteri per la valutazione delle situazioni e dei risultati degli interventi. In questo contesto le maggiori organizzazioni internazionali politiche e economiche, hanno svolto e tuttora svolgono un ruolo importante nell'individuazione dei principali problemi e di possibili soluzioni e soprattutto nel portare la maggior parte dei paesi del mondo a discuterne insieme.

Le organizzazioni internazionali come l'ONU, l'OCSE e la FAO hanno avviato programmi di ricerca sulle attività e sui prodotti considerati più pericolosi e, di pari passo con l'allargamento dei mercati¹³, hanno promosso convenzioni internazionali, che hanno coinvolto numerose nazioni di tutto il mondo, per limitare le une e gli altri.

Le Nazioni Unite (UN)¹⁴, hanno affrontato esplicitamente il tema dell'ambiente per la prima volta nel 1968 convocando una "conferenza sull'ambiente umano", per discutere del continuo e accelerato degrado dell'ambiente e dei profondi cambiamenti nel rapporto tra uomo e ambiente connessi agli sviluppi della scienza e della tecnica. La Conferenza si è svolta a Stoccolma nel 1972 e ha portato all'istituzione dell'UNEP (*United Nations Environment Programme*), il programma delle UN che si occupa di ambiente.

Sulla base dei principi stabiliti nella Dichiarazione approvata nella Conferenza delle UN sull'ambiente umano e in attuazione della Convenzione UNEP di Vienna del 1985 sulla protezione dello strato di ozono, nel 1987 il Protocollo di Montreal ha stabilito obiettivi e misure per la riduzione della produzione e dell'uso delle sostanze pericolose per la fascia di ozono stratosferico¹⁵. Ad oggi il Protocollo è stato ratificato da tutti i paesi delle UN e dall'Unione Europea¹⁶.

Nel 1983 le UN hanno istituito la "Commissione mondiale su ambiente e sviluppo"¹⁷, questa nel 1987 ha presentato il cosiddetto "Rapporto Brundtland"¹⁸ che contiene la più famosa e generalmente adottata definizione di sviluppo sostenibile già citata.

¹³ Dal GATT (General Agreement on Tariffs and Trade) istituito nell'ambito degli accordi di Bretton Woods del 1944 al WTO (World Trade Organization) del 1995.

¹⁴ United Nations – UN, organizzazione fondata nel 1945 da 51 paesi, oggi ne comprende 192 (<http://www.un.org/en/aboutun/index.shtml>).

¹⁵ Clorofluorocarburi, tetracloruro di carbonio, 1,1,1 tricloroetano, halons, idrofluorocarburi, bromuro di metile.

¹⁶ L'UE ha ratificato il Protocollo nel 1994 e nel 2000 con le Direttive CE/3093/94 e CE/2037/2000.

¹⁷ The World Commission on Environment and Development (WCED).

¹⁸ Dal nome del presidente della commissione signora Gro Harlem Brundtland, medico ed ex primo ministro norvegese.

Sulla base di questo rapporto le UN hanno convocato la “Conferenza su ambiente e sviluppo” (nota come “Conferenza di Rio” o “Primo Vertice della Terra”)¹⁹ per definire strategie e concordare azioni a livello mondiale per fermare il degrado ambientale. La Conferenza si è svolta a Rio de Janeiro nel 1992 e ha affrontato il problema della protezione dell’ambiente e dello sviluppo socio economico. Tra i risultati più importanti della Conferenza di Rio vi sono: la Convenzione quadro sui cambiamenti climatici e la Convenzione sulla biodiversità, l’Agenda 21 (un piano d’azione globale per la realizzazione dello sviluppo sostenibile nel XXI secolo), la Dichiarazione di Rio sull’ambiente e lo sviluppo, e la Dichiarazione dei principi delle foreste volta a rafforzare la gestione sostenibile delle foreste. Il vertice di Rio infine ha avviato i lavori per la definizione di una Convenzione per combattere la desertificazione e per un accordo sulla pesca e ha istituito la Commissione sullo sviluppo sostenibile (CSD - *Commission on Sustainable Development*) per monitorare l’attuazione degli accordi raggiunti.

La “Dichiarazione di Rio sull’Ambiente e lo sviluppo” codifica in 27 “Principi” lo sviluppo sostenibile. Una suddivisione utilizzata anche dal *set* di indicatori proposti nel 1996 dalle Nazioni Unite nel loro “*Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies*”²⁰. Quella della necessità di attrezzarsi con un insieme di indicatori che vadano oltre la semplice misura del PIL per misurare il grado di sviluppo e di benessere è, in effetti, una necessità che viene da tempo ribadita. Recentemente (settembre 2009) Joseph Stiglitz²¹, premio Nobel per l’economia, ha presentato, su commissione del presidente francese Nicolas Sarkozy, il rapporto sulla “Misura delle performance economiche e del progresso sociale”, frutto del lavoro di un gruppo di esperti. Secondo il Rapporto “la quantificazione della sostenibilità non può prescindere da una esplicita prefigurazione delle traiettorie economiche e ambientali future”: ciò richiede la valutazione degli impatti degli attuali livelli di consumi e investimenti sullo *stock* umano, sociale, economico e ambientale. Il benessere delle future generazioni rispetto al nostro dipende dalle risorse che conferiremo loro, dalla dimensione degli *stock* di risorse esauribili e dal modo nel quale riusciamo a conservare in quantità e qualità tutte le altre risorse naturali rinnovabili necessarie per la vita.

Nel 1997 le UN hanno convocato il cosiddetto “Vertice della terra + 5” per valutare lo stato di avanzamento dell’Agenda 21. Nel 2000, otto anni dopo Rio, la Dichiarazione dell’Assemblea Generale del Millennio, delle UN, rappresenta una importante presa di coscienza dei gravi problemi dovuti all’estendersi della povertà e del degrado ambientale. Nel 2002 si è svolto a Johannesburg il Vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile (*World Summit on Sustainable Development - WSSD*) “Rio + 10” per valutare dopo dieci anni dal Vertice della Terra di Rio lo

¹⁹ United Nations Conference on Environment and Development (UNCED).

²⁰ UN Commission on Sustainable Development (UN CSD), *Indicators of Sustainable Development Framework and Methodologies*, UN Publication, NY, 1996.

²¹ http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf

stato di attuazione dell'Agenda 21. Il Vertice ha portato a una dichiarazione politica con la quale "gli Stati membri hanno assunto una responsabilità collettiva per aumentare e rafforzare ai livelli locale, nazionale, regionale e globale lo sviluppo economico, lo sviluppo sociale e la protezione dell'ambiente", i tre pilastri dello sviluppo sostenibile che sono tra loro interdipendenti e che si sostengono a vicenda.

L'impegno dell'ONU, successivamente alla Conferenza di Rio, si estrinseca anche con la Commissione Sviluppo Sostenibile (CSD) che ha organizzato incontri e negoziati annuali e che sta preparando l'incontro di RIO+20 nel 2012²².

Mentre ai tempi del rapporto "I limiti dello sviluppo" i tratti salienti del problema riguardavano l'esauribilità dei materiali non rinnovabili (innanzitutto il petrolio), con la presa di coscienza dei cambiamenti climatici globali l'enfasi viene posta anche sul controllo delle emissioni di gas serra. A Rio, come accennato, viene adottato lo UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) da cui l'impegno nei negoziati all'interno della IPCC (*International Panel on Climate Change*) e le varie COP (Conferenze delle Parti). Il protocollo di Kyoto, con gli impegni di riduzione dei gas clima alteranti, viene adottato durante la terza sessione della Conferenza delle Parti della UNFCCC nel 1997.

Nel 1994 è entrata in vigore la "Convenzione quadro delle Nazioni Unite sul cambiamento climatico"²³ che riconosce il clima come una risorsa condivisa che può essere influenzata dalle emissioni, industriali e non, di CO₂ e di altri gas serra e stabilisce un quadro generale di riferimento per collaborazioni tra governi, mirate alla riduzione del riscaldamento globale e alla gestione dell'aumento di temperatura che non si possa evitare.

Nel 1997, nell'ambito della Convenzione sul cambiamento climatico, è stato adottato il cosiddetto Protocollo di Kyoto, Giappone, entrato in vigore nel 2005, che comprende misure obbligatorie per i firmatari. Infatti, mentre la Convenzione incoraggia i paesi industrializzati a ridurre le loro emissioni di gas serra, il Protocollo di Kyoto stabilisce degli obiettivi legalmente impegnativi per 37 paesi industrializzati e l'UE, il cosiddetto Club di Kyoto, sulla base del principio delle "responsabilità comuni, ma differenziate". Il Protocollo ha come obiettivo la riduzione, nel periodo 2008-2012, delle emissioni di gas serra nel mondo di una quantità pari a circa il 5% delle emissioni del 1990. L'Italia ha ratificato il Protocollo di Kyoto nel 2002 adottando un Piano nazionale per la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra²⁴. La Conferenza delle parti (COP) del Protocollo di Kyoto si riunisce periodicamente per valutarne l'attuazione.

²² <http://www.uncsd2012.org>

²³ The United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC.

²⁴ Ministero dell'Ambiente, *Piano di Azione Nazionale per la riduzione delle emissioni dei gas serra*, approvato il 19 dicembre 2002 dal CIPE.

Il 10 dicembre 2010 si è concluso il vertice di Cancun²⁵ con l'adozione da parte di circa 200 paesi di un accordo che prevede una serie di meccanismi per combattere il cambiamento climatico, tra cui un fondo (*Green Climate Fund*) per aiutare i paesi in via di sviluppo nel contrasto al cambiamento climatico e nella promozione delle energie pulite.

L'accordo ha permesso di puntare al vertice di Durban, Sudafrica, nel 2011²⁶, con qualche speranza di futuri impegni più forti e condivisi. Tra gli obiettivi dell'accordo vi è quello di limitare l'aumento della temperatura globale a non più di 2 °C e a questo scopo sono previsti ulteriori tagli alle emissioni di gas serra (riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera, rispetto a quelle di trent'anni prima, dal 25% al 40%).

Un ruolo rilevante nell'approfondimento del concetto di sviluppo sostenibile e nella definizione di azioni per la sua realizzazione spetta all'OCSE, Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico. Tra le molte attività dell'OCSE in campo ambientale vi sono:

- la Convenzione di Basilea del 1989 sul controllo dei movimenti transfrontalieri di rifiuti pericolosi e il loro smaltimento, entrata in vigore nel 1992 e ratificata anche dall'Unione Europea nel 1993²⁷. La Convenzione è stata ratificata da 175 Parti e ha lo scopo di proteggere la salute umana e l'ambiente dai danni provenienti dalla produzione, dalla gestione, dai movimenti transfrontalieri e dallo smaltimento di rifiuti pericolosi e non;
- sviluppo e adozione nei primi anni 90 del modello di indicatori ambientali PSR (*Pressure State Response*) che oggi è adottato da molti paesi ed è alla base dei sistemi di indicatori ambientali utilizzati dalle Nazioni Unite (UNCSD) e dall'Unione Europea (EEA/Eurostat). In particolare la UN *Commission of Sustainable Development* (UNCSD) utilizza il modello DSR (*Driving-Force, State, Response*) mentre l'EEA ha adottato il modello DPSIR (*Driving-force, Pressure, State, Impact, Response*) estensioni entrambe del modello PSR dell'OCSE²⁸;
- un vasto progetto sulle politiche di prodotto sostenibili e la gestione del ciclo di vita, coordinato dal Gruppo per la Prevenzione e il Controllo dell'Inquinamento della Direzione Ambiente dell'OCSE;
- la Conferenza di Rio del 1992 ha anche posto le basi per un maggiore interesse e impegno nel settore della gestione dei prodotti chimici. Questo ha

²⁵ Sedicesima Conferenza delle Parti (COP) della Convenzione delle NU sui cambiamenti climatici e sesta Conferenza delle Parti del Protocollo di Kyoto (CMP), svoltasi a Cancun, Messico, 29/11/2010 - 10/12/2010.

²⁶ COP 17/CMP 7 di Durban in Sudafrica (28 Novembre - 9 Dicembre 2011).

²⁷ 93/98/CEE: Decisione del Consiglio, del 1° febbraio 1993, sulla conclusione, a nome della Comunità, della convenzione sul controllo dei movimenti transfrontalieri di rifiuti pericolosi e del loro smaltimento (convenzione di Basilea).

²⁸ <http://www.oecd.org/dataoecd/36/63/36186818.pdf>

influenzato lo sviluppo di strumenti internazionali come la Convenzione di Rotterdam²⁹, la Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti³⁰ e altre iniziative che mirano a fornire un quadro per la gestione mondiale dei prodotti chimici. Nel 2002, il vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg ha riaffermato, tra le altre cose, l'impegno per un approccio strategico internazionale per la gestione dei prodotti chimici;

- la Convenzione di Rotterdam (Convenzione PIC - *Prior Informed Consent*) sul consenso informato a priori per il commercio internazionale di alcuni prodotti chimici e pesticidi pericolosi, ratificata nel 1998 ed entrata in vigore nel 2004, è finalizzata a promuovere la condivisione delle responsabilità e la collaborazione tra le parti interessate agli scambi internazionali di prodotti chimici pericolosi con l'obiettivo di proteggere la salute umana e l'ambiente contro i danni potenziali causati da questi prodotti. La Convenzione di Rotterdam disciplina le esportazioni e le importazioni di alcuni prodotti chimici e pesticidi pericolosi ed è basata sul principio fondamentale del previo assenso informato;
- la Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti, adottata nel 2001 ed entrata in vigore nel 2004, mira a minimizzare l'emissione di inquinanti organici persistenti (POPs, *Persistent Organic Pollutants*) allo scopo di proteggere l'ambiente e la salute umana da queste sostanze persistenti, bioaccumulabili e altamente tossiche. La Convenzione mette al bando la produzione e l'uso di alcune sostanze aventi caratteristiche di POP, stabilisce le procedure per il controllo della produzione, l'impiego, l'importazione, l'esportazione, lo stoccaggio e lo smaltimento di POPs prodotti intenzionalmente e le modalità di riduzione delle emissioni di POPs prodotti involontariamente.

1.3 Politiche europee

1.3.1 Strategie e strumenti per la sostenibilità dello sviluppo

Lo sviluppo sostenibile è inserito nei trattati costitutivi dell'Unione Europea di Maastricht (1993), nel quale l'atto finale fa riferimento al principio della "crescita sostenibile" e di Amsterdam (1997), dove si scrive "... promuovere il progresso economico e sociale ... tenendo conto del principio dello sviluppo sostenibile e ... del rafforzamento della coesione e della protezione dell'ambiente, nonché ad attuare politiche volte a garantire che i progressi compiuti sulla via dell'integrazione economica si accompagnino a paralleli progressi in altri settori", "...promuovere un progresso economico e sociale e un elevato livello di occupazione e pervenire ad uno sviluppo equilibrato e sostenibile".

²⁹ <http://www.pic.int/>

³⁰ <http://chm.pops.int/>

Il Trattato prescrive che “le esigenze connesse con la tutela dell'ambiente devono essere integrate nella definizione e nell'attuazione delle politiche e azioni comunitarie ... in particolare nella prospettiva di promuovere lo sviluppo sostenibile”. Lo sviluppo sostenibile è pertanto un principio costituzionale per l'Europa, in anticipo rispetto a gran parte dei paesi membri. Di particolare importanza è la Convenzione di Aarhus (1998) “Sull'accesso alle informazioni, la partecipazione del pubblico ai processi decisionali e l'accesso alla giustizia in materia ambientale”. La Convenzione di Aarhus è stata ratificata in Italia con la Legge 108 del 2001 ma il raggiungimento degli obiettivi posti sembra ancora distante.

Nella tradizione europea, in particolare in alcuni paesi del nord, si sono sviluppate importanti esperienze di pianificazione ambientale e territoriale di cui sono esempio i “*Green Plan*” della fine degli anni 80. Questi stessi paesi oggi hanno una strumentazione amministrativa e scientifica per il governo dello sviluppo, dell'ambiente e della sostenibilità di alto livello. Allo stesso nord Europa appartengono gli istituti di ricerca che meglio hanno operato intorno ai temi dello sviluppo sostenibile. Tra gli altri citiamo il *Wuppertal Institut* in Germania e il RIVM (*National Institute for Public Health and the Environment – The Netherlands*), l'Istituto Olandese per la Sanità Pubblica e l'Ambiente.

Il Processo di Cardiff nel 1999 ristabilisce, con il “Principio di integrazione dell'ambiente in tutte le politiche dell'Unione”, che il fattore ambientale è responsabilità diretta di ogni settore e che lo sviluppo sostenibile è materia coordinata dalla Presidenza. L'Europa arriva a Goteborg nel 2001 con un unico programma strutturale per lo sviluppo, l'occupazione e l'ambiente in Europa (un'importante valutazione dell'implementazione di tale strategia è stata pubblicata nel 2006).

Il Consiglio Europeo di Goteborg del 2001, sulla base dei Trattati sull'Unione Europea che prevedono l'integrazione delle esigenze della protezione ambientale nelle altre politiche, ha adottato una specifica Strategia per lo sviluppo sostenibile (*European Union Sustainable Development Strategy - EU SDS*³¹), aggiungendo una dimensione ambientale al processo di Lisbona sull'occupazione, la riforma economica e la coesione sociale³².

Nel 2006 il Consiglio Europeo ha adottato una nuova Strategia per lo Sviluppo Sostenibile, più ambiziosa, riferita alla nuova Europa allargata³³.

Nel 2009 la Commissione Europea ha adottato una revisione della Strategia³⁴ che mette in evidenza come nonostante l'UE abbia integrato in molte politiche di

³¹ <http://ec.europa.eu/environment/eussd/>

³² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0658:FIN:IT:PDF>

³³ Consiglio Europeo del 16 giugno 2006: *Nuova Strategia dell'UE in materia di sviluppo sostenibile*, Bruxelles, 26 giugno 2006.

settore i concetti dello sviluppo sostenibile, assunto un ruolo decisivo nella lotta ai cambiamenti climatici e nella riduzione delle emissioni di gas serra, sia necessario intensificare gli sforzi. La Strategia fornisce obiettivi di lungo termine e costituisce il quadro di riferimento politico principale per tutte le politiche e le strategie dell'Unione, con l'obiettivo di ridurre le tendenze non sostenibili in particolare per quanto riguarda la riduzione dei consumi di energia e di risorse naturali e la perdita di biodiversità.

Nel marzo 2010 la Commissione Europea ha presentato la sua strategia "Europa 2020"³⁵, strategia decennale che mira alla trasformazione strutturale dell'economia europea anche allo scopo di superare la crisi economica da tempo in atto e preparare l'economia dell'UE ad affrontare le sfide del prossimo decennio.

La Strategia Europa 2020 ha tre assi principali:

- crescita intelligente (promozione di conoscenza, innovazione, istruzione e società digitale);
- crescita sostenibile (produzione più efficiente sotto il profilo delle risorse e maggiore competitività);
- crescita inclusiva (maggiore occupazione e competenze e lotta alla povertà).

Tra i cinque obiettivi fissati dalla Strategia vi è quello che i traguardi "20/20/20" in materia di clima/energia siano raggiunti. Sotto il profilo della sostenibilità rientrano gli obiettivi 20/20/20: ridurre le emissioni di carbonio del 20% (e del 30% se le condizioni lo permettono), aumentare del 20% la quota di energie rinnovabili e aumentare l'efficienza energetica del 20%.

Tra le sette iniziative individuate come prioritarie per conseguire gli obiettivi vi è la promozione di:

- ricerca e sviluppo (R&S) e innovazione come strumenti per affrontare le sfide;
- una politica industriale per la crescita verde come mezzo per migliorare la competitività e creare nuovi posti di lavoro;
- un'economia a basse emissioni di carbonio ed efficiente sotto il profilo delle risorse, intese non solo come risorse energetiche e materie prime, ma come aria, acqua, suolo, insomma tutte le risorse della natura compresa la biodiversità.

La Strategia Europa 2020 individua le eco-industrie (o industrie ambientali o imprese a tecnologia ambientale) come gli attori in grado di far crescere la ricchezza e l'occupazione senza recare gravi danni all'ambiente. Infatti, sono le industrie che producono le cosiddette "tecnologie abilitanti" (*enabling technologies*) che consentono di aumentare molto le prestazioni e le capacità

³⁴ Comunicazione *Integrare lo sviluppo sostenibile nelle politiche dell'UE: riesame 2009 della strategia dell'Unione europea per lo sviluppo sostenibile*, COM/2009/0400.

³⁵ http://ec.europa.eu/italia/attualita/primo_piano/futuro_ue/europa_2020_it.htm

dell'utente senza aumentare nello stesso modo il consumo di risorse (come nel caso delle tecnologie informatiche) e possono quindi consentire di raggiungere il famoso "disaccoppiamento" (*decoupling*) tra la crescita economica e l'uso delle risorse, tra la creazione di ricchezza e gli impatti ambientali.

La Strategia Europa 2020, infine, mette in evidenza che l'uso efficiente delle risorse comporta anche, nel rispetto della gerarchia "prevenzione", "riuso", "riciclo" e "smaltimento", l'utilizzo dei prodotti a fine vita come risorsa, con la conseguenza di poter creare nuove opportunità di lavoro nel settore del recupero, riciclaggio ecc. È questa un'area di intervento molto importante in quanto se è vero che in Europa i rifiuti inviati in discarica sono diminuiti dal 65% al 40% tra il 1995 e il 2007 e il tasso di riciclo dei rifiuti solidi urbani è passato dal 19% al 38% tra il 1998 e il 2007³⁶, è anche vero che la quantità di rifiuti complessivamente prodotta continua ad aumentare.

In Europa la competenza dello sviluppo sostenibile ha come riferimento la DG Ambiente della Commissione mentre in Italia è appannaggio principalmente del CIPE che ha prodotto il Piano Nazionale per lo Sviluppo sostenibile³⁷ adottato con la delibera CIPE 57/02 del 2 agosto 2002, alla vigilia del Summit di Johannesburg. Il Piano è stato redatto con il supporto dell'ENEA, uno dei soggetti più attivi sui temi dello Sviluppo Sostenibile da quando la Legge 59 del 15/3/1997 stabiliva che l'ENEA fosse un "ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e della innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale". Secondo quanto stabilito dall'articolo 37 della più recente Legge n. 99 del 23 luglio 2009, l'Agenzia ENEA è finalizzata "alla ricerca e all'innovazione tecnologica nonché alla prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, con particolare riguardo al settore nucleare, e dello sviluppo economico sostenibile".

Il percorso sopra sinteticamente descritto, che ha coinvolto i governi, le organizzazioni e l'opinione pubblica di tutto il mondo, ha portato a riconoscere che il modello di sviluppo economico occidentale ha innescato un processo di degrado ambientale di difficile soluzione, senza aver fornito soluzioni al problema della limitatezza delle risorse naturali, senza aver ridotto la povertà e la disuguaglianza e quindi senza essere in grado di assicurare pace e sicurezza.

È quindi necessario un nuovo modello di sviluppo che consenta a tutti l'accesso alle risorse e il miglioramento della qualità della vita, nel rispetto dei limiti ecologici del pianeta. A questo fine lo sviluppo e la crescita economica debbono fondarsi su modelli di produzione e di consumo, cioè su stili di vita, sostenibili, cioè compatibili con una corretta gestione delle risorse naturali. Lo sforzo è rendere compatibili il mercato, e quindi la competitività delle imprese e la

³⁶ Janez Potočnik, *Green Dot 2010 - Green Economy in Action* (SPEECH/10/532), Square-Brussels Meeting Centre, Brussels, 7 ottobre 2010.

³⁷ <http://faolex.fao.org/docs/pdf/ita34010.pdf>

creazione di nuove opportunità di lavoro, con il miglioramento della qualità della vita per tutte le popolazioni del pianeta, senza aumentare la pressione sull'ambiente, ma preservandone e migliorandone la qualità.

Di seguito viene dato un breve dettaglio sul Piano Strategico per le tecnologie energetiche e un dettaglio maggiore sul Piano d'azione per le tecnologie ambientali dell'Unione Europea.

Il Piano Strategico per le Tecnologie energetiche (SET PLAN)

Con lo *Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)* la Commissione Europea riporta l'innovazione tecnologica al centro delle strategie per ridurre le emissioni di gas serra e per garantire la sicurezza degli approvvigionamenti energetici. Il *SET Plan* stigmatizza la stagnazione degli investimenti in R&S che ha caratterizzato le politiche dei paesi membri negli ultimi due decenni e intende stimolare un nuovo interesse e iniziative di sviluppo di tecnologie economicamente efficienti e a bassa emissione di CO₂. Obiettivo dichiarato è l'assunzione da parte dell'Unione Europea di un ruolo di *leadership* nei confronti di Stati Uniti e dei paesi emergenti nei settori delle tecnologie energetiche.

Il *SET-Plan* individua le tecnologie di maggiore interesse e propone una "road-map" per il perseguimento di obiettivi tecnologici sia nel breve-medio che nel lungo periodo di cui viene fornita anche una valutazione semi-quantitativa e una rappresentazione della difficoltà di sviluppo delle diverse tecnologie, dei tempi richiesti per il raggiungimento della loro maturità commerciale e del contributo che esse possono fornire per affrontare le problematiche energetiche e ambientali.

L'ENEA è stata tra le prime istituzioni in Europa a promuovere la conoscenza e la partecipazione italiana al *SET-Plan* e svolge oggi un ruolo di rilievo nell'Alleanza per la ricerca energetica europea (EERA) costituendone di fatto il *focal point* nazionale. L'obiettivo è quello di costruire collaborazioni e convergenze tra sistema della ricerca e sistema industriale che consentano di rafforzare la presenza italiana nell'ambito della ricerca comunitaria sulle principali filiere della ricerca per l'innovazione nei settori energetici e ambientali, le aree prioritarie su cui si concentrano le attività dell'ENEA.

Il Piano d'Azione sulle Tecnologie Ambientali (ETAP)

Nel 2004 l'Unione Europea ha adottato un piano d'azione per promuovere l'ecoinnovazione nelle imprese e in particolare le tecnologie ambientali (*Environmental Technologies Action Plan -ETAP*)³⁸ con la finalità di coniugare l'aumento della competitività delle imprese, e quindi della crescita economica, con un minor utilizzo delle risorse naturali, in linea con le tre dimensioni della

³⁸ Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo *Incentivare le tecnologie per lo sviluppo sostenibile: piano d'azione per le tecnologie ambientali nell'Unione europea*, COM(2004) 38 del 28.1.2004.

Strategia di Lisbona: crescita, occupazione e ambiente, e con il Sesto programma quadro di ricerca e sviluppo. Nel Piano d'azione, le tecnologie ambientali sono definite come le tecnologie che hanno impatti ambientali inferiori a quelli di altre tecniche utilizzabili per lo stesso scopo e, precisamente, come le "tecnologie finalizzate a gestire l'inquinamento, a produrre prodotti e servizi meno inquinanti e a minore intensità di risorse e soluzioni in grado di gestire le risorse in maniera più efficiente. Tali tecnologie rispettose dell'ambiente, applicabili a tutti i settori di attività economica, abbattano i costi riducendo il consumo di risorse e di energia e portano quindi ad un incremento della competitività con una minore produzione di emissioni e di rifiuti"³⁹. Secondo questa visione le tecnologie ambientali e l'innovazione tecnologica verde sono elementi cruciali per ridurre la pressione sull'ambiente, ma anche abbassare il costo della sostenibilità e contribuire alla creazione di posti di lavoro e alla crescita economica.

Le tecnologie ambientali come sopra definite sono molto diverse tra loro e possono essere applicate in tutti i settori di attività economica. Molte tecnologie ambientali sono disponibili, ma non sono sfruttate adeguatamente a causa di problemi tecnici (debbono passare dal laboratorio al mercato, richiedono competenze o materiali non ovunque disponibili, occorre la sperimentazione e la verifica delle prestazioni) e/o a causa della scarsa sensibilizzazione dei consumatori, di aspetti economici e di mercato o della disponibilità di adeguati strumenti politici normativi ed economici.

Gli obiettivi del piano d'azione si possono così sintetizzare:

- eliminare gli ostacoli per realizzare tutte le potenzialità insite nelle tecnologie ambientali al fine di proteggere l'ambiente e contribuire allo stesso tempo alla crescita economica e alla competitività;
- garantire che nei prossimi anni l'UE assuma la *leadership* nello sviluppo e nell'applicazione delle tecnologie ambientali;
- mobilitare tutti gli interessati affinché sostengano questi obiettivi.

Il piano contiene 28 azioni esplicitamente indicate di cui 11 definite prioritarie per la Commissione, i Governi regionali e nazionali, l'industria e ogni altra istituzione coinvolta nel miglioramento dello sviluppo e della comprensione delle tecnologie ambientali. Le azioni sono raggruppate in 4 categorie: come passare dalla fase di ricerca al mercato; come migliorare le condizioni di mercato; come intervenire su scala mondiale; verso il futuro. Le azioni prioritarie sono raggruppate nelle prime tre categorie e sono le seguenti:

Passaggio dalla fase di ricerca al mercato

1. Incrementare e dare un taglio più mirato alle attività di ricerca, dimostrazione e divulgazione. Migliorare il coordinamento tra programmi.

³⁹ http://europa.eu/legislation_summaries/enterprise/interaction_with_other_policies/l28143_it.htm

2. Creare piattaforme tecnologiche.
3. Istituire reti europee per la sperimentazione, la verifica delle prestazioni delle tecnologie e la normazione.

Migliorare le condizioni di mercato

4. Formulare e approvare obiettivi di prestazione per i prodotti, i processi e i servizi principali.
5. Mettere a disposizione strumenti finanziari per condividere i rischi degli investimenti nel settore delle tecnologie ambientali.
6. Riesaminare la disciplina sugli aiuti di Stato.
7. Riesame delle sovvenzioni che hanno un impatto negativo sull'ambiente.
8. Incentivare l'appalto delle tecnologie ambientali.
9. Sensibilizzare le imprese e i consumatori.
10. Garantire una formazione mirata.

Intervenire su scala mondiale

11. Promuovere investimenti responsabili a favore delle tecnologie ambientali e l'uso delle stesse nei paesi in via di sviluppo e nei paesi a economia in transizione.

Il passaggio delle tecnologie ambientali dalla fase di ricerca o prototipale alla fase di mercato è ovviamente un punto cruciale nella strategia europea per diventare *leader* mondiale sulle tecnologie ambientali. In questo campo, lo strumento principale di cui si è voluta dotare l'Unione Europea è lo sviluppo delle piattaforme tecnologiche sulle tecnologie ambientali considerate più promettenti. La stessa comunicazione del 2004 riguardante l'ETAP sottolinea il lancio delle prime tre piattaforme tecnologiche: idrogeno e celle a combustibile, fotovoltaico, approvvigionamento idrico e impianti igienico sanitari.

Queste piattaforme tecnologiche vedono coinvolti assieme ricercatori, industria, istituzioni finanziatrici e *decision makers*, al fine di costruire una visione di lungo termine dei bisogni di ricerca e del mercato futuro nell'area di interesse specifico delle piattaforme. Attualmente, le piattaforme tecnologiche riconosciute dall'Unione Europea sono oltre trenta, attive in diversi settori: dall'aeronautica alle scienze della vita, dalla nano elettronica ai settori industriali dell'acciaio e del tessile, ecc. Molte di queste piattaforme sono riconducibili alla cornice dell'ETAP quali, ad esempio, le piattaforme sulla chimica sostenibile e sul trasporto europeo su strada. Sempre all'interno della cornice di riferimento dell'ETAP sono in via di sviluppo altre piattaforme tecnologiche quali quella sulla *Life Cycle Assessment*.

Gli ostacoli relativi allo sviluppo, diffusione e implementazione delle tecnologie ambientali individuati nell'allegato II alla comunicazione al Consiglio europeo del gennaio 2004 sono numerosi e di diversa natura. L'allegato II li raggruppa in ostacoli economici, normativi e tecnologici e ostacoli alla diffusione.

Ostacoli economici

I prezzi di mercato di beni e prodotti rispecchiano generalmente i soli costi economici diretti relativi alla loro produzione e non i costi indiretti derivanti dal loro impatto ambientale e sanitario. Un abbassamento di tali costi indiretti, mediante l'adozione di tecnologie ambientali, non avrebbe riflesso sui prezzi di mercato e quindi si tradurrebbe in un aggravio economico aggiuntivo per le imprese. Questo porta a investire poco nelle tecnologie ambientali, soprattutto da parte di imprese che si trovano a competere su mercati altamente competitivi e quindi con ristretti margini economici. Questo oggettivo squilibrio dei mercati, a danno delle tecnologie ambientali, viene a volta acuito da interventi statali, come ad esempio nel caso dei sussidi a favore della produzione e del consumo di combustibili fossili, che rendono meno interessanti le energie rinnovabili.

I costi iniziali delle tecnologie innovative, anche se economicamente vantaggiose nel tempo, tendono a scoraggiare gli investitori. Questo avviene in particolare quando il passaggio alle tecnologie ambientali richiede nuove infrastrutture quali, ad esempio, le reti di distribuzione per i veicoli alimentati a idrogeno.

Gli investimenti nelle tecnologie ambientali sono considerati rischiosi, probabilmente sia perché dette tecnologie sono spesso soggette ai cambiamenti di priorità politiche, sia perché il più delle volte non sono considerate parte dell'attività di base dell'impresa. In generale, la mancanza di un sufficiente capitale di rischio, soprattutto per le PMI e le *start-up*, rappresenta un ulteriore ostacolo al rapido sviluppo del mercato per le tecnologie ambientali.

Ostacoli di carattere normativo e formazione

Una opportuna normativa può sicuramente facilitare lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie ambientali, come è avvenuto con la direttiva IPPC⁴⁰. Tuttavia, una mancanza di chiarezza nella normativa o un eccessivo dettaglio nelle specifiche tecniche può, viceversa, essere di ostacolo provocando incertezza sul mercato e riduzione degli incentivi agli investimenti da un lato e ridurre lo spazio per l'innovazione dall'altro.

Anche norme inadeguate, che favoriscono una determinata tecnologia al posto di una tecnologia ambientale, o l'assenza di norme, che può portare alla mancata adozione di tecnologie ambientali in quanto non vi è certezza che rispondano a determinati requisiti di prestazione, ostacolano la diffusione delle tecnologie ambientali.

La presenza di legislazioni nazionali divergenti frammenta il mercato unico e rende la penetrazione del mercato soggetta a disposizioni diverse nei vari stati membri. In tal modo viene ridotta la dimensione del potenziale mercato per queste tecnologie e ne viene ostacolata la diffusione e l'adozione.

⁴⁰ Direttiva 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento, nota anche come direttiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control).

Ostacoli tecnologici

Come tutte le tecnologie, anche le tecnologie ambientali richiedono un impegno di ricerca e sviluppo per diventare competitive. Spesso però il sostegno alla R&S è scarso o addirittura assente in funzione del fatto che i prezzi di mercato non favoriscono le tecnologie compatibili con l'ambiente e questo disincentiva i finanziamenti in R&S del settore privato. A ciò si aggiunge che la R&S pubblica può non essere abbastanza mirata e dunque non incentiva un'adeguata cooperazione tra università, centri di ricerca e industrie. Inoltre esistono scarsi collegamenti tra i programmi di finanziamento per la ricerca e l'innovazione e i programmi di dimostrazione e diffusione, il che ostacola il progresso di tali tecnologie dalla fase iniziale fino all'arrivo sul mercato.

Ostacoli alla diffusione

Il principale ostacolo che frena la diffusione delle tecnologie ambientali è la scarsità di informazioni disponibili agli acquirenti sul potenziale che esse hanno in termini di benefici nell'intero ciclo di vita. Scarsità di informazioni può portare anche a mancanza di accettazione da parte del pubblico; questo ha, ad esempio, frenato l'uso dei prodotti biotecnologici ecologici in Europa. Le reti di distribuzione delle nuove tecnologie non sono rodute come quelle delle tecnologie già affermate e questo può limitare la diffusione di tecnologie ambientali anche competitive. Un altro fattore importante è la carenza di personale sufficientemente qualificato con formazione adeguata a far fronte alle problematiche inerenti l'implementazione, la manutenzione e l'utilizzo di tecnologie ambientali.

Il fatto che i destinatari delle tecnologie ambientali siano prevalentemente le piccole e medie imprese (PMI) complica ulteriormente le problematiche illustrate in precedenza: le PMI tendono, infatti, ad avere più difficoltà ad accedere ai finanziamenti e alle informazioni non direttamente connesse alle attività di base che svolgono rispetto alle imprese di dimensioni più ampie.

La rimozione di questi ostacoli è uno degli obiettivi prioritari dell'ETAP e a tutti gli stati membri, e in particolare ai nuovi stati membri, per i quali gli ostacoli sono maggiori, è richiesto di contribuire in maniera determinante al raggiungimento di tale obiettivo mediante l'implementazione di politiche normative, economiche (incentivanti) e di ricerca e innovazione adeguate.

Nell'ambito della strategia comunitaria i paesi membri sono stati invitati a presentare propri piani d'azione nazionali relativamente alle tecnologie ambientali e alle ecoinnovazioni. Nel 2005 la Commissione Europea ha pubblicato una Relazione sull'applicazione di ETAP⁴¹ in cui viene evidenziato come mentre alcune attività come la realizzazione di piattaforme tecnologiche sono ben avviate,

⁴¹ Comunicazione *Relazione sull'applicazione del piano d'azione per le tecnologie ambientali nel 2004* COM(2005) 16 del 27.1.2005.

occorre aumentare l'impegno su altre attività quali la definizione di obiettivi di prestazione ambientale per prodotti, servizi e processi, la realizzazione di un sistema comunitario di sperimentazione e verifica delle tecnologie ambientali, la definizione di indicatori dello sviluppo del mercato e della prestazione dell'industria e inoltre occorre dare un maggiore impulso all'attuazione di ETAP a livello dei singoli paesi membri. A questo scopo la relazione indica gli acquisti verdi (*Green Public Procurement - GPP*) come strumento di creazione di una domanda che può incentivare gli investimenti nelle tecnologie ambientali e quindi la loro diffusione.

1.3.2 Programmi di azione ambientale

Dagli anni 70 la Comunità Europea ha adottato sei Programmi d'azione ambientale e centinaia di norme e atti di indirizzo (Direttive, Regolamenti ecc.) su aria, acqua, inquinamento del suolo, gestione dei rifiuti, prodotti, valutazione di impatti ambientali ecc. Tutto ciò mentre affrontava i complessi impegni derivanti dal suo allargamento che l'ha portata dai sei paesi del 1957⁴² agli attuali 27.

Dopo il Vertice di Rio del 1992, nel 1993 l'Unione Europea ha approvato il Quinto Programma d'Azione per l'Ambiente "Verso la Sostenibilità"⁴³ relativo al periodo 1992-2000.

Aspetti particolarmente significativi del Programma sono il concetto della gestione del ciclo di vita dei prodotti e dei processi, la necessità di integrazione della dimensione ambientale nelle altre politiche e l'enfasi data all'approccio della responsabilità condivisa tra i diversi attori (pubbliche autorità, industria, utenti, ecc.), piuttosto che a quello del comando e controllo come mezzo per ottenere la realizzazione delle azioni.

Il successivo Sesto Programma d'Azione per l'Ambiente della Comunità Europea 2002-2012⁴⁴ identifica quattro aree prioritarie ("cambiamenti climatici", "natura e biodiversità", "ambiente e salute" e "risorse naturali e rifiuti") e ribadisce la necessità della massima integrazione delle esigenze della protezione ambientale nelle politiche e nelle azioni della Comunità, evidenziando il legame tra la protezione dell'ambiente e gli obiettivi di crescita, competitività e occupazione.

Tra gli approcci strategici il Programma propone la promozione di nuovi modelli di produzione e consumo sostenibili, il miglioramento della collaborazione con le

⁴² Il "Trattato di Roma", che istituisce la Comunità Economica Europea (CEE), è stato firmato il 25 marzo 1957 da Italia, Belgio, Germania Federale, Francia, Lussemburgo e Paesi Bassi (è entrato in vigore il 1 gennaio 1958).

⁴³ Programma della Comunità Europea di politica e azione in relazione all'ambiente e allo sviluppo sostenibile (meglio noto come Quinto programma di azione ambientale) "Verso la sostenibilità", approvato dal Consiglio il 1 febbraio 1993 e modificato nel 1995.

⁴⁴ Decisione n. 1600/2002/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 luglio 2002, che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.

imprese e l'informazione ai consumatori, alle aziende e agli acquirenti pubblici sugli impatti ambientali di processi e prodotti.

Come firmatari della Convenzione delle UN sulla biodiversità, nel 2001 la Commissione Europea e i paesi membri hanno assunto l'impegno di arrestare la perdita di biodiversità entro il 2010 e ripristinare gli habitat naturali.

Nel maggio 2006 la Commissione Europea ha adottato una Comunicazione sulla biodiversità⁴⁵ che pone l'attenzione sull'importanza della protezione della biodiversità ai fini della realizzazione dello sviluppo sostenibile e definisce un Piano d'Azione⁴⁶ focalizzato sull'esigenza di integrare gli aspetti della salvaguardia della biodiversità nelle altre politiche. Il Piano d'Azione, nonostante abbia consentito importanti progressi, non ha raggiunto l'obiettivo di arrestare entro il 2010 la perdita di biodiversità dovuta alle attività umane.

Il nuovo obiettivo che la Commissione si è data con la Strategia Europa 2020 è quello di arrestare la perdita di biodiversità nell'UE entro il 2020.

Per raggiungere questi risultati sono cruciali sia l'integrazione nelle altre politiche dell'UE (agricola, della pesca, industriale, dell'energia, dei trasporti, del commercio ecc.) dei temi relativi alla biodiversità e agli ecosistemi, sia la collaborazione con gli altri paesi e con le UN. Infatti, la perdita di biodiversità è dovuta in gran parte alla crescente domanda sui mercati internazionali di prodotti naturali (usati ad es. per la produzione di cibo, farmaci, sapone, prodotti cosmetici, carburanti e per le costruzioni). Particolarmente gravosa è la domanda di legname che comporta la distruzione delle foreste che svolgono un ruolo fondamentale nel mantenimento dell'equilibrio naturale locale e mondiale e nell'accogliere la grande maggioranza delle specie. Esempi di collaborazione internazionale mirata alla difesa della biodiversità sono gli accordi volontari di partenariato volti a garantire che il legname importato in Europa da paesi *partner* sia di origine legale⁴⁷.

1.3.3 Politiche di settore

La prevenzione e la gestione degli incidenti rilevanti

La complessità dei rapporti tra le attività umane e l'ambiente fa sì che la protezione dell'ambiente sia un tema complesso con molte interazioni, molte variabili e che riguarda praticamente tutti i settori di attività. La complessità del tema e la natura congiunturale degli stimoli che sono all'origine delle attenzioni verso l'ambiente hanno prodotto approcci settoriali che la crescita delle

⁴⁵ Comunicazione della Commissione del 22 maggio 2006 *Arrestare la perdita di biodiversità entro il 2010 e oltre - Sostenere i servizi ecosistemici per il benessere umano*, COM(2006) 216.

⁴⁶ http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/index_en.htm

⁴⁷ sistema di licenze FLEGT (Forest Law Enforcement, Governance and Trade licensing scheme) istituito dal regolamento (CE) n. 2173/2005.

esperienze, delle conoscenze pratiche e scientifiche e quindi della consapevolezza delle popolazioni e dei governi ha portato a considerare sempre meno come a sé stanti e sempre più come parti di un sistema. Se anche motivi pratici e organizzativi impongono di mantenere la settorialità degli approcci, tuttavia questo avviene sempre più tenendo presente un quadro comune di riferimento che consente di non trascurare le sovrapposizioni, le sinergie e le interferenze tra i diversi settori, cioè di agire comunque nell'ambito di una strategia complessiva.

Per l'“ambientalismo” degli inizi la protezione dell'ambiente è stata soprattutto caratterizzata da un approccio “a posteriori” o “*end of pipe*” mirato a rimediare a un danno o a ridurre il carico inquinante delle emissioni in uscita dai processi produttivi prima della loro immissione nell'ambiente.

Successivamente, l'attenzione si è spostata dalla “pulizia” dei siti e degli effluenti alla “pulizia” dei processi produttivi. Questo ha comportato la necessità di studiare i processi produttivi per cercare di ridurre o eliminare le cause più importanti di produzione di rifiuti e di emissioni pericolose per l'ambiente. Le aziende di maggiore dimensione, soprattutto quelle del settore chimico, temute per la loro capacità di inquinamento, si sono dotate attraverso i propri organismi associativi di procedure per ridurre le emissioni inquinanti e per comunicare al pubblico le loro nuove attenzioni verso l'ambiente e la salute.

L'esempio più importante è il programma “*Responsible Care*”, un programma volontario adottato dall'industria chimica mondiale basato sull'impegno al miglioramento continuo in tutti gli aspetti della salute, sicurezza e prestazioni ambientali e di trasparenza nella comunicazione sulle sue attività e risultati. *Responsible Care* è stato adottato in Europa dal CEFIC (*European Chemical Industry Council*) nel 1989⁴⁸ e attualmente è adottato in più di 50 paesi nel mondo e coinvolge oltre 10.000 imprese chimiche. Nel 2008 in Italia il programma, avviato nel 1992 e gestito da Federchimica, era attuato da 178 imprese di grande, media e piccola dimensione.

I programmi volontari delle aziende e delle loro organizzazioni non hanno però risolto il problema dell'inquinamento delle attività produttive né tanto meno hanno tranquillizzato il pubblico al riguardo.

La prevenzione (dell'inquinamento, della produzione dei rifiuti, dei danni ambientali) è infine divenuta nelle coscienze e nelle politiche l'obiettivo prioritario da perseguire e questo ha messo in luce l'importanza della valutazione degli impatti ambientali lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti/attività e la necessità di intervenire oltre che sulla “produzione” anche sul “consumo”, cioè sulle abitudini, gli stili di vita, insomma la cultura delle società.

A seguito del gravissimo incidente avvenuto all'ICMESA di Meda (vicino a Seveso,

⁴⁸ Il Programma Responsible Care è stato avviato in Canada nel 1984 dalla CCPA (Canadian Chemical Producer Association) e poi adottato nel 1988 dalla ACC (American Chemistry Council).

provincia di Monza Brianza) nel 1976, la Comunità Europea ha adottato nel 1982 la cosiddetta Direttiva Seveso⁴⁹, mirata a prevenire e controllare simili eventi. Dopo altri gravissimi incidenti avvenuti in impianti industriali non solo in Europa (tra cui quelli della *Union Carbide* a Bhopal India nel 1984 e della Sandoz a Basilea nel 1986) la Direttiva è stata modificata nel 1987 e nel 1988⁵⁰ e poi nel 1996 quando è stata adottata la Direttiva Seveso II⁵¹. Dopo altri gravi incidenti industriali nel frattempo verificatisi (a Tolosa-Francia, a Baia Mare-Romania e a Enschede-Olanda), nel 2003 è stata infine adottata la cosiddetta Direttiva Seveso III⁵². Tra le modifiche apportate, l'ampliamento del campo di applicazione, maggiore attenzione ai sistemi di gestione della sicurezza, piani d'emergenza e controlli da parte degli Stati Membri. È attualmente in corso la revisione della Direttiva Seveso III.

Nel 1985 con la Direttiva 85/337/EEC, nota come Direttiva VIA, è stata introdotta la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale che si applica nel caso di costruzione di autostrade, aeroporti, stabilimenti industriali ecc. Nel 2001 con la Direttiva 2001/42/EC, nota come Direttiva VAS, è stata introdotta la procedura di Valutazione Ambientale Strategica che si applica a piani e programmi pubblici. Entrambe le procedure hanno lo scopo di garantire che sia nel caso di singoli progetti sia nel caso di interventi di pianificazione che possono determinare rilevanti impatti ambientali si tenga conto di tali impatti prima che le relative decisioni vengano assunte. Entrambe queste Direttive, che prevedono come aspetto fondamentale la consultazione pubblica, hanno contribuito significativamente all'integrazione delle considerazioni ambientali nelle decisioni di natura economico-industriale, infrastrutturale e di pianificazione del territorio, secondo il principio dello sviluppo sostenibile.

Nel 2006 è stato approvato il Regolamento REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances*)⁵³ sulle sostanze chimiche e il loro utilizzo in condizioni di sicurezza. Scopo del Regolamento è migliorare la conoscenza delle proprietà delle sostanze chimiche prodotte in Europa o immesse nel mercato europeo per essere sicuri che l'industria sia in grado di valutarne la pericolosità e di prendere di conseguenza le opportune misure per la gestione del rischio a protezione della salute umana e dell'ambiente. Il Regolamento prevede la progressiva sostituzione delle sostanze più pericolose per le quali siano state identificate opportune alternative e istituisce l'Agenzia Europea per le sostanze chimiche (*European Chemicals Agency* – ECHA - con sede a Helsinki) come punto

⁴⁹ Direttiva 82/501/CEE, del 24 giugno 1982, *Direttiva del Consiglio sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali*.

⁵⁰ Direttiva 87/216/EEC del 19 Marzo 1987 e Direttiva 88/610/EEC del 24 Novembre 1988.

⁵¹ Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996 sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose.

⁵² Direttiva 2003/105/CE, del 16 dicembre 2003, che modifica la direttiva 96/82/CE.

⁵³ Regolamento (CE) n. 1907/2006, del 18 dicembre 2006, concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH).

centrale del sistema REACH che raccoglie e gestisce i dati forniti da produttori e importatori. Anche in questo caso, puntando al miglioramento delle conoscenze, dell'informazione, della capacità di innovazione e della sicurezza, la Commissione Europea ha inteso proteggere l'ambiente, ma anche rilanciare l'industria chimica europea favorendone la capacità di competizione.

La Direttiva IPPC e il concetto di BAT

La Direttiva 96/61/CE (EC, 1996) detta anche Direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) è un importante regolamento europeo per evitare o ridurre il rilascio di emissioni inquinanti nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo, oltre a garantire una gestione accorta delle risorse naturali e ridurre la produzione di rifiuti dalle attività industriali e agricole definite nell'allegato I (attività energetiche, produzione e trasformazione dei metalli, industria dei prodotti minerali, industria chimica, gestione dei rifiuti, industria della pasta di carta e della carta, pretrattamento di tessili, concia delle pelli, macelli e trattamento dei prodotti alimentari, smaltimento e recupero di sottoprodotti di origine animale, allevamento di pollame e di suini, trattamento di superficie mediante solventi organici, fabbricazione di carbonio e grafite artificiale). La Direttiva definisce gli obblighi che tali attività devono rispettare e una specifica procedura di autorizzazione, allo scopo di evitare o ridurre al minimo il rilascio di emissioni inquinanti nell'atmosfera, nelle acque e nel suolo, compresi i rifiuti, e far sì che le imprese stesse si facciano carico della prevenzione della riduzione e del controllo dell'inquinamento che possono causare. La Direttiva prevede limiti alle emissioni delle sostanze inquinanti, aggiornati sulla base delle migliori tecniche disponibili, e il loro monitoraggio, i cui risultati confluiscono in un registro europeo⁵⁴, e inoltre misure per la tutela del suolo, delle acque e dell'aria, per la gestione dei rifiuti, la bonifica dei suoli dopo la chiusura definitiva degli impianti e affida agli Stati membri la responsabilità del controllo della conformità degli impianti industriali.

La Direttiva è stata adottata nel 1996 ed entrata in vigore nel 1999 con l'obiettivo di essere applicata immediatamente per i nuovi impianti industriali o modificati sostanzialmente, mentre per gli impianti esistenti doveva essere applicata entro il 2007. La Direttiva 2008/1/CE codifica e sostituisce la direttiva 96/61/CE⁵⁵. Si tratta di una modifica formale intesa a raggruppare in un unico atto la Direttiva originaria e tutte le modifiche successive, senza modificarne le disposizioni di base. Una nuova direttiva sulle emissioni industriali è stata pubblicata sulla GUUE L334 del 17-12-10 (Direttiva 2010/75/UE). Questa nuova direttiva è entrata in

⁵⁴ Regolamento (CE) n. 166/2006, che istituisce un registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti (European Pollutant Release and Transfer Register, E-PRTR).

⁵⁵ Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, sostituita dalla Direttiva 2008/1/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 gennaio 2008.

vigore il 6 gennaio 2011 e riunisce in un unico provvedimento sette previgenti direttive in materia di emissioni industriali, includendo nuove tipologie di impianti nella disciplina IPPC.

La Direttiva rivede il tradizionale approccio alla tutela ambientale, settoriale e "a compartimenti stagni", a favore di un approccio integrato. Per gli impianti IPPC viene istituita una procedura di autorizzazione e di controllo basata sulla valutazione dell'applicazione di misure preventive contro l'inquinamento, considerando tutte le problematiche ambientali pertinenti all'attività industriale, e vengono fissate prescrizioni minime che devono figurare in ogni autorizzazione, in particolare per quanto riguarda le emissioni delle sostanze inquinanti. La Direttiva fornisce tutti gli strumenti legislativi per le procedure di autorizzazione tenendo conto delle prestazioni ambientali dell'impianto:

- emissioni nell'aria, nell'acqua e nel suolo;
- produzione di rifiuti;
- utilizzo di materie prime;
- efficienza energetica;
- rumore;
- prevenzione degli incidenti.

Per ottenere l'autorizzazione da parte delle autorità competenti nei paesi UE, un impianto industriale o agricolo deve rispettare alcuni obblighi fondamentali, in particolare l'utilizzo di tutte le misure utili per combattere l'inquinamento e il ricorso alle migliori tecniche disponibili (BAT, *Best Available Techniques*), cioè quelle che utilizzano le tecniche meno inquinanti, producono minori quantitativi di rifiuti, utilizzano le sostanze meno pericolose, consentono il recupero e il riciclaggio delle sostanze emesse, utilizzano l'energia e le risorse in maniera più efficace ecc. Il concetto di BAT è definito nella Direttiva come "la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio, indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire in linea di massima la base dei valori limite di emissione intesi a evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso". A questo riguardo, per:

- "tecniche", si intendono sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- "disponibili", indica che le tecniche devono essere sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli;
- "migliori", indica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso.

Poiché l'individuazione delle BAT è una questione complessa, la Commissione Europea è stata incaricata di organizzare uno scambio di informazioni tra esperti provenienti dagli Stati Membri, dall'industria e dalle organizzazioni ambientaliste.

Questo lavoro è coordinato dall'IPPC *Bureau* di Siviglia. Nel quadro dello scambio di informazioni, per ogni settore produttivo è stato preparato un documento di riferimento delle BAT (BREF, *Bat REFerence*), con lo scopo di informare le autorità competenti per le autorizzazioni su ciò che può essere tecnicamente ed economicamente disponibile alle imprese al fine di migliorare le loro prestazioni ambientali. L'intero meccanismo di scambio di informazioni è stato lanciato nel 1997. Una volta pubblicato, ogni BREF è sottoposto a revisione periodica per aggiornarlo alla luce degli ultimi sviluppi nello specifico settore. A settembre 2011, sono stati finalizzati e adottati formalmente dalla Commissione Europea 33 BREF. Di questi, 8 sono attualmente in fase di revisione. I BREF disponibili possono essere scaricati dal sito web dell'European IPPC Bureau (EIPPCB) (<http://eippcb.jrc.es/>).

La risorsa idrica e i flussi dei rifiuti

Alcune risorse di particolare importanza sono oggetto di specifiche politiche, come ad esempio nel caso dell'energia (vedi SET PLAN ed EUROPA 20/20/20) e dell'acqua.

Anche per i rifiuti, la cui gestione è tuttora un problema in molte situazioni, è stata definita una specifica politica che tende alla loro prevenzione e quindi alla loro valorizzazione come fonte di materiali ed eventualmente di energia.

A partire dalla Direttiva del 2000⁵⁶ che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, l'Unione europea ha definito un quadro comune per la protezione e la gestione dell'acqua che si basa su un'attività di analisi e classificazione delle acque e sulla adozione di piani di gestione per ciascun corpo idrico, da parte dei paesi membri.

Scopo della Direttiva è la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento, la promozione di un utilizzo sostenibile dell'acqua, il miglioramento delle condizioni degli ecosistemi acquatici e la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità, con l'obiettivo di raggiungere un «buono stato» ecologico e chimico di tutte le acque comunitarie, interne e costiere, entro il 2015.

Con le Comunicazioni del 2007 e quella del 2009⁵⁷ la Commissione ha presentato i risultati ottenuti dagli Stati Membri nell'attuazione della Direttiva, evidenziando i progressi fatti (l'istituzione dei distretti idrografici e la designazione delle autorità nazionali competenti), ma anche le difficoltà a raggiungere alcuni obiettivi, in particolare per lo sfruttamento eccessivo delle risorse idriche, e il loro inquinamento, e inoltre le differenze nella qualità della valutazione ambientale ed

⁵⁶ Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 (EU Water Framework Directive – WFD).

⁵⁷ Comunicazione COM(2007) 128, del 22 marzo 2007, *Verso una gestione sostenibile delle acque nell'Unione europea - Prima fase dell'attuazione della direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE)*. Comunicazione COM(2009) 156 del 1 aprile 2009 concernente i programmi di monitoraggio dello stato delle acque.

economica dei bacini idrografici. Tra le indicazioni della Commissione per migliorare l'attuazione della Direttiva, vi sono l'integrazione della gestione sostenibile delle acque nelle altre politiche nazionali e l'ampliamento della partecipazione dei cittadini.

Per quanto riguarda i rifiuti, fin dai primi anni 90 la Commissione Europea ha affrontato la questione dei rifiuti in un'ottica complessiva comprendente non solo i sistemi e i metodi per la gestione dei rifiuti, una volta prodotti, ma anche sistemi e metodi per prevenire e ridurre la produzione dei rifiuti stessi. In quest'ottica si colloca l'esperienza dei flussi prioritari di rifiuti che ha portato tra l'altro alle Direttive RoHS e WEEE⁵⁸, in vigore dal 2003, la cui revisione è stata sottoposta all'approvazione del Consiglio Europeo nel marzo scorso.

L'attenzione alla pericolosità dei rifiuti dell'inizio degli anni 90⁵⁹ si è allargata a comprendere altri aspetti del problema rifiuti. Come conseguenza alcuni importanti principi sono entrati a far parte della politica e dell'ordinamento in materia di rifiuti. Tra questi il principio "chi inquina paga", secondo cui il produttore di rifiuti deve gestire i rifiuti in modo da garantire un livello elevato di protezione dell'ambiente e della salute umana. Principi basilari della politica europea sui rifiuti sono divenuti anche quello della "responsabilità estesa del produttore", che si è dimostrato cruciale per far sì che la progettazione tenga conto dell'uso delle risorse durante l'intero ciclo di vita, dalla manutenzione, al riutilizzo, fino allo smaltimento, e quello della gerarchia delle operazioni (prevenzione, riutilizzo, riciclaggio, recupero e smaltimento).

La prevenzione dei rifiuti e la promozione di un riciclaggio efficace, sono gli argomenti principali della Comunicazione "Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse - Una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"⁶⁰.

Frutto delle discussioni e delle esperienze fatte in questo arco di tempo sono le Direttive 2006/12/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 relativa ai rifiuti e la successiva Direttiva 2008/98/CE che mira a dissociare la crescita economica e sociale dal degrado ambientale e in particolare dalla produzione di rifiuti, proponendo un quadro giuridico volto a controllare tutto il ciclo dei rifiuti, dalla produzione allo smaltimento, che mette l'accento sulla prevenzione, sul riutilizzo, sul riciclaggio e il recupero.

Dalla IPP alla SCP

Riconoscendo la centralità del sistema produttivo nell'economia europea e il suo ruolo nei confronti dell'ambiente, la Commissione Europea nel 1998 ha avviato un

⁵⁸Direttiva 2002/95/CE del 27 Gennaio 2003 sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche e Direttiva 2002/96/CE del 27 Gennaio 2003 sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE- in inglese WEEE).

⁵⁹ Direttiva 91/689/CEE, del 12 dicembre 1991, relativa ai rifiuti pericolosi.

⁶⁰ COM(2005) 666 del 21 Dicembre 2005.

percorso per sviluppare, nell'ambito del Sesto Programma d'Azione per l'ambiente e della politica per lo sviluppo sostenibile, una politica ambientale sui prodotti detta Politica Integrata dei Prodotti (IPP). Alla base di questa politica che ha visto il coinvolgimento di tutti gli attori interessati (amministrazioni pubbliche, industrie, consumatori, organizzazioni ambientaliste ecc.) vi sono la considerazione del ciclo di vita (o *Life Cycle Thinking* – LCT), l'attenzione a modelli di consumo sostenibili e alla comunicazione (etichette ambientali). Nel 2001 la Commissione Europea ha adottato il Libro Verde sull'IPP⁶¹ che propone una strategia per arrivare a prodotti che utilizzano meno risorse, hanno minori impatti ambientali, rappresentano minori rischi per l'ambiente e in particolare producono meno rifiuti e per promuovere il mercato di questi prodotti verdi. Scopo del Libro Verde è lanciare un ampio dibattito su come realizzare un nuovo modello di crescita e una migliore qualità di vita creando benessere e competizione sulla base di prodotti più "verdi"⁶². Il Libro Verde esamina alcuni strumenti che possono essere utili a costruire un quadro giuridico ed economico che promuova lo sviluppo e l'acquisto di prodotti ecologici e renda più efficace la politica integrata dei prodotti. Tra questi in particolare strumenti economici (tassazione differenziata per i prodotti con eco-etichetta, estensione della responsabilità dei produttori, aiuti di Stato per la protezione ambientale), strumenti di mercato per stimolare la domanda di prodotti verdi (etichette ambientali comprensibili e affidabili, potenziamento degli acquisti pubblici verdi (*Green Public Procurement* – GPP) anche attraverso la revisione delle leggi comunitarie sugli appalti pubblici in modo da favorire i prodotti verdi), strumenti progettuali (aumentare la disponibilità di dati sul ciclo di vita, linee guida sull'eco-progettazione ecc.). Nel 2003 la Commissione Europea ha adottato una Comunicazione sull'IPP⁶³ in cui definisce una strategia per ridurre gli impatti ambientali dei prodotti lungo tutto il ciclo di vita e incoraggia i produttori a realizzare nuovi prodotti con minori impatti ambientali, soprattutto in quelle fasi del ciclo di vita in cui tali impatti sono più significativi. Il miglioramento delle prestazioni ambientali dei prodotti è visto come un'occasione per migliorare la competitività dell'industria nel medio/lungo termine.

La Politica Integrata di Prodotto ha un ruolo rilevante nell'attuazione della politica su Produzione e Consumo Sostenibili che a sua volta è parte importante della più generale politica dell'Unione Europea per uno Sviluppo economico, sociale e ambientale sostenibile. Lo sviluppo sostenibile deve conciliare la crescita economica e sociale con la protezione dell'ambiente rompendo l'equazione: più crescita economica = più degrado ambientale. Purtroppo la domanda di risorse, e in particolare di energia, è tuttora in aumento. La soluzione che si propone a questo difficile problema è puntare a rendere sostenibili sia la produzione che la

⁶¹ *Libro verde sulla politica integrata relativa ai prodotti*, COM (2001) 68 del 07.02.2001.

⁶² <http://ec.europa.eu/environment/ipp>

⁶³ Comunicazione *Politica integrata dei prodotti - Sviluppare il concetto di ciclo di vita ambientale*, COM/2003/0302 del 18.06.2003.

domanda, cioè il consumo, stimolando la crescita della domanda di beni, servizi e tecnologie più sostenibili, sostenuta da una migliore informazione ai consumatori perché possano scegliere prodotti migliori, e offrendo alle imprese l'opportunità di acquisire vantaggi competitivi attraverso il miglioramento delle prestazioni ambientali dei prodotti lungo l'intero ciclo di vita.

La Produzione e il Consumo Sostenibili (*Sustainable Consumption and Production - SCP*) è indicata dalla "Rinnovata Strategia Europea sullo Sviluppo Sostenibile" del 2006 come una delle sette sfide chiave che è necessario affrontare per realizzare lo sviluppo sostenibile e individua obiettivi e azioni concrete da realizzare entro il 2010⁶⁴. Nel 2008 il Consiglio Europeo ha adottato un Piano d'Azione su Produzione e Consumo Sostenibili e Politica industriale sostenibile⁶⁵ con l'obiettivo di delineare gli interventi necessari a modificare gli attuali modelli di produzione e consumo.

Il Piano SCP si propone di promuovere prodotti efficienti dal punto di vista dell'uso delle risorse naturali e con ridotto impatto ambientale e di aumentare la consapevolezza dei consumatori integrando politiche e strumenti già in atto, tra i quali la Politica Integrata di prodotto (IPP), l'Analisi del ciclo di vita (LCA), gli acquisti verdi (GPP), il marchio di qualità ambientale dei prodotti (Ecolabel europeo), la certificazione dei sistemi di gestione ambientale (EMAS) e l'ETAP (il piano d'azione per le tecnologie ambientali). Il Piano SCP affronta i temi del consumo, del ruolo dei consumatori, del cambiamento degli stili di vita basati su di un cambiamento culturale che induca a una maggiore responsabilizzazione ambientale. Non si tratta di puntare alla rinuncia alle comodità e ai supporti tecnologici più avanzati cui la società occidentale è abituata, e del resto non si può pensare di cambiare radicalmente e in tempi brevi un modello di sviluppo consolidato basato sui consumi. Si tratta, invece, di puntare a consumi più rispettosi dell'ambiente, ad esempio rivolti più alla qualità che alla quantità, attuando la cosiddetta *dematerializzazione*, e di costruire quella che si definisce oggi un'economia verde. Ambiente, economia e società vanno ripensati in un modo diverso da quello tradizionale occidentale e il dibattito, non solo a livello europeo come si è visto, è ancora aperto.

Coerentemente con questa impostazione, il Ministero dell'Ambiente ha prodotto nel 2008 un documento di indirizzo⁶⁶ quale contributo alla definizione della Strategia nazionale sullo Sviluppo Sostenibile in corso a cura del CIPE. Nel

⁶⁴ Le altre sei sfide sono: cambiamenti climatici ed energia pulita; trasporto sostenibile; salute pubblica; migliore gestione delle risorse naturali; inclusione sociale, demografia e migrazioni; lotta alla povertà globale.

⁶⁵ Comunicazione sul Piano d'azione "Produzione e consumo sostenibili" e "Politica industriale sostenibile", COM/2008/0397 del 16.07.2008. Il Piano d'azione è stato adottato dal Consiglio il 4 Dicembre 2008.

⁶⁶ *Contributi per la costruzione di una strategia italiana per il consumo e la produzione sostenibili*, 20 settembre 2008 - <http://www.dsa.minambiente.it/gpp/page.asp?id=75>

documento sono descritti metodi e strumenti tarati sulla situazione socio-economica e ambientale italiana, sono fornite indicazioni strategico-operative e proposte linee di intervento per promuovere la progettazione ecocompatibile dei prodotti, sostenere l'innovazione tecnologica ambientale nei cicli produttivi, in particolare nelle PMI, sostenere il mercato dei prodotti con migliori prestazioni ambientali e promuovere modelli di consumo e stili di vita sostenibili. Tra le altre azioni previste vi sono quelle mirate a rendere coerenti e sinergiche tra loro le politiche pubbliche di settore, rafforzare e dove necessario promuovere nuovi strumenti di intervento, creare momenti di confronto tra le diverse istituzioni per favorire l'introduzione della "qualifica ambientale" delle politiche di competenza, coinvolgere la grande distribuzione che al contempo può impostare politiche di acquisti verdi e "educare" i consumatori privati, sviluppare e favorire l'attuazione di progetti pilota per specifiche comunità, approfondire il tema degli indicatori di sostenibilità e di nuovi indicatori economici. Per l'attuazione di questa strategia il Ministero dell'Ambiente sta predisponendo uno specifico Piano d'azione nazionale che potrà essere adottato entro il 2012.

1.4 Approcci metodologici e strumenti

1.4.1 Approcci metodologici

Da quanto sopra emergono la diversità e l'evoluzione nel tempo degli approcci al tema della protezione dell'ambiente: dalla ricerca di soluzioni a specifici problemi (inquinamento delle acque, gestione dei rifiuti ecc.) allo studio delle cause e all'individuazione di azioni di prevenzione, all'individuazione dei soggetti attori e delle responsabilità e capacità di intervento, alla ricerca di collaborazioni tra questi attori e tra paesi, in un'ottica sempre più complessa e globale.

Di particolare rilievo in questo percorso è il tema dell'assunzione e della condivisione delle responsabilità da parte dei produttori e degli altri attori (pubblica amministrazione, consumatori ecc.) per proteggere l'ambiente senza dimenticare le esigenze dello sviluppo economico e sociale. Questo ha portato a un forte coinvolgimento dell'industria e delle attività economiche nella definizione di progetti e obiettivi di sostenibilità. Inoltre, ha prodotto, sia nella legislazione europea sia in quella nazionale, da una parte norme cogenti e dall'altra il superamento del cosiddetto "comando e controllo" per arrivare a definire strumenti volontari e promuovere la cosiddetta "*green economy*".

Su di un piano più tecnico, di seguito sono sinteticamente richiamati alcuni tra i più significativi approcci metodologici adottati nello studio dei fenomeni relativi al degrado ambientale e nella definizione delle azioni per la protezione dell'ambiente e più in generale per l'attuazione dello sviluppo sostenibile.

L'approccio sistemico

È interessante notare che nelle elaborazioni generate dal tentativo di affrontare il problema dello sviluppo sostenibile, si sono consolidati nuovi paradigmi di interpretazione della realtà, spesso mutuati dalla biologia, basati su un approccio anti-riduzionista. In altri termini, in antitesi all'approccio cartesiano basato sulla suddivisione di un problema in parti più piccole, le cui singole soluzioni avrebbero comportato necessariamente la soluzione dell'intero problema, viene riconosciuta l'importanza di un pensiero sistemico. La Teoria generale dei sistemi⁶⁷ esprime, in effetti, un approccio anti-riduzionista e anti-meccanicista e segna il passaggio verso una concezione olistica dei fenomeni⁶⁸.

Un sistema è, formalmente, un insieme di componenti interagenti tra di loro. Cambiamenti in un componente inducono cambiamenti in un altro che a sua volta porta ulteriori cambiamenti ecc. Si può ritenere che l'approccio sistemico abbia come oggetto di studio:

- il passaggio da insiemi di elementi tra loro interagenti a nuove entità, i sistemi, da loro emergenti;
- le caratteristiche dei sistemi, lontane da quelle dei loro elementi costitutivi.

Il passaggio dal considerare insiemi di elementi con le loro proprietà, al considerare il fatto che essi danno origine a un sistema, altro dagli elementi costituenti, con proprietà ineducibili dagli elementi stessi e sulle quali si può agire con scarsa efficacia se si agisce singolarmente su di essi, caratterizza il pensiero sistemico⁶⁹.

Un sistema chiuso è concettualmente un sistema autonomo, i cui elementi e la cui struttura sono sufficienti per mantenerlo. Sono sistemi chiusi i sistemi isolati. Spesso questa ipotesi è adottata per ridurre la difficoltà intrinseca di un problema. Un sistema aperto è penetrabile dall'ambiente in cui si trova e, anzi, ha spesso bisogno di ciò che entra dall'ambiente per mantenersi tale, ha bisogno del contesto, che si trova così a far parte di esso, rendendo concettualmente difficile distinguere tra dentro e fuori, stabilire i confini del sistema.

I sistemi chiusi arrivano a stati di equilibrio e tendono a muovere verso situazioni di più alta entropia (II Principio della termodinamica). Questo significa che i sistemi chiusi arrivano a raggiungere un punto in cui non sono più possibili cambiamenti per quel sistema. I sistemi aperti mantengono flussi con il loro ambiente che possono consistere di materiali, energia e informazione. I sistemi aperti possono raggiungere stati stabili, che dipendono dalla loro abilità a mantenere scambi continui con l'ambiente. Ciò è quello che permette a qualche

⁶⁷ Von Bertalanffy L., *Teoria Generale dei Sistemi*, Istituto Librario Internazionale, Milano, 1968.

⁶⁸ Scandurra E., *L'ambiente dell'uomo*, ETAS Libri, Milano, 1995.

⁶⁹ Minati Editor G., *Primo Congresso Italiano di Sistemica*, Apogeo Scientifica, Milano, 1998.

sistema aperto di mantenere stabili livelli di entropia, come nel caso dei sistemi viventi.

Operando in una visione sistemica si possono impostare diverse strategie a fronte di disarmonie rilevate nel comportamento di un sistema, non solo quelle di eliminarle direttamente. Tenendo conto dell'evoluzione del sistema considerato, della sua dinamica, del suo contesto, di tutte le sue dimensioni, si possono impostare capacità di gestione della disarmonia, orientandola e usandola secondo le peculiarità del sistema che le manifesta. Saper agire sul bilanciamento senza aspettarsi che migliorare uno o più elementi del sistema porti al miglioramento di tutto il sistema, costituisce un approccio efficace per intervenire su sistemi complessi come quelli sociali e quelli viventi. Per riportare armonia si può aumentare il valore di una o più variabili diverse più che ridurre quello della variabile che induce squilibrio e viceversa.

Il concetto di complessità, come si rileva dalla sua etimologia (*francesismo, part. pass. dal latino "complecti", abbracciare, stringere insieme*) è indissolubile dalla nozione di sistema. Un sistema è complesso quando:

- è formato da una pluralità di elementi differenti o non funzionalmente identici;
- ognuno di essi è attivo;
- è interrelato in modo non semplice (non linearità ecc.) per raggiungere comuni obiettivi;
- nel risultato finale si perde traccia delle caratteristiche del singolo elemento.

Quest'ultima caratteristica è quella più lontana dal principio lineare della sovrapposizione degli effetti, ipotesi fortunata e di largo uso in molte scienze. Sistemi complessi possono dare luogo:

- a comportamenti non lineari;
- a comportamenti contro-intuitivi;
- all'emergere di processi di auto organizzazione;
- all'emergere di strutture dissipative e quindi al raggiungimento di stati stazionari lontani dall'equilibrio;
- al manifestarsi di fenomeni caotici.

Tre comportamenti contro-intuitivi⁷⁰ dei sistemi sociali sono particolarmente pericolosi:

1. i sistemi sociali sono *inerentemente* insensibili a molti cambiamenti di politiche adottati nel tentativo di modificarne il comportamento. Infatti, i sistemi sociali richiamano l'attenzione proprio su quei punti in cui il tentativo

⁷⁰ Forrester J. W., "Counterintuitive behavior of social systems", in *Technology Review*, gennaio 1971, revisione del 1995. Anche in italiano in *Verso un Equilibrio Globale*, Biblioteca EST, Mondadori, Milano, 1973.

di intervenire fallirà. L'intuizione umana si sviluppa con l'interazione con sistemi semplici. In questi sistemi la causa del problema è vicina nello spazio e nel tempo ai sintomi del problema stesso. Se si tocca una stufa l'ustione avviene qui e ora. Nei sistemi complessi le cause sono spesso lontane, nello spazio e nel tempo, dai sintomi;

2. i sistemi sociali sembrano avere pochi punti di possibile influenza attraverso i quali il comportamento può essere modificato. I punti di influenza non sono dove ci si aspetta. In più quando un punto di influenza è identificato, è alta la probabilità che una persona, guidata dall'intuizione e dal giudizio solamente, altererà il sistema nella direzione sbagliata;
3. i sistemi sociali esibiscono un conflitto tra le conseguenze di breve e lungo termine. Una politica che fornisce un miglioramento nel breve termine può degradare il sistema nel lungo termine. Purtroppo le soluzioni di breve termine sono più immediatamente visibili e attraenti;

In un'ottica dinamica, un sistema può dirsi complesso anche nella misura in cui l'essere umano può osservarlo in modi non equivalenti, in differenti livelli di astrazione o specializzazione, ognuno dei quali è pertinente al funzionamento del sistema. Si può allora assumere che la complessità sia una proprietà intrinseca, ma che la sua percezione all'esterno del sistema possa cambiare perché i suoi effetti percepiti da un osservatore possono cambiare. Questo aspetto è molto importante perché un cambiamento di scala o l'apertura del sistema verso l'ambiente o verso altri sistemi, può far sì che la complessità dispieghi improvvisamente tutte le sue proprietà.

Uno dei principali concetti nel pensiero sistemico è quello di retroazione⁷¹; piuttosto che pensare che gli effetti hanno una causa (come in "Se A allora B"), il pensiero sistemico tiene conto che se A causa o influenza B allora, in diverse maniere, B andrà a influenzare A. Questa casualità circolare viene chiamata "ciclo di retroazione". All'interno dei cicli, che possono essere anche informativi, particolare importanza rivestono i ritardi con cui l'influenza si propaga da un componente all'altro. Per questo il concetto diviene importante anche nella gestione di ecosistemi o di sistemi produttivi e può divenire la base principale per la struttura di comprensione che integra vari aspetti del processo decisionale⁷². In questa visione anche l'introduzione dell'efficienza, per esempio nell'uso dell'energia o di altri fattori di produzione, deve essere attentamente inquadrata se non si vuole assistere a effetti indesiderati⁷³. Per esempio il raddoppio dell'efficienza nella produzione alimentare per ettaro negli ultimi 50 anni (rivoluzione verde in agricoltura) non ha risolto il problema della fame a causa

⁷¹ Ballé M., *Managing with System Thinking*, McGraw Hill, Londra, 1994.

⁷² Forrester J. W., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Boston, 1980.

⁷³ Polimeni J., Mayumi M. K., Giampietro M., Alcott B., *The myth of resource efficiency*, Earth Scan, Londra, 2008.

dell'aumento della popolazione generata, anche, dalla stesso aumento di disponibilità di cibo.

Dalla trasposizione dei concetti applicati agli ecosistemi ai sistemi umani nascono i concetti di ecologia industriale⁷⁴, di metabolismo sociale, di metabolismo industriale⁷⁵. L'economia mondiale può essere vista come una rete di processi industriali che estraggono risorse dalla terra e le trasformano in beni che sono poi comprati e venduti per soddisfare i bisogni dell'umanità. L'ecologia industriale, e più in particolare il metabolismo industriale, vuole quantificare e studiare questa rete di materiali in continuo movimento e analizzare i processi industriali che fanno funzionare la nostra società moderna. La nostra economia attiva enormi flussi materiali che possono, in prima approssimazione, essere un indice di pressione dell'attività umana sull'ambiente. In questo contesto è importante citare il contributo fornito dall'Istituto Wuppertal con l'elaborazione dell'indice MIPS⁷⁶ (*Material Input for Unit of Service*) che misura la quantità di materiali, biotici e abiotici, mossi dall'ambiente per offrire un determinato servizio. Anche servizi apparentemente immateriali, come quelli ad alta tecnologia, possono, infatti, nascondere una elevata pressione⁷⁷ sull'ambiente. Nello stesso Wuppertal nasce l'idea che la sfida sia di ridurre questa pressione almeno di un fattore 4⁷⁸ e oggi di un fattore 10⁷⁹.

L'ecologia industriale è quindi un campo interdisciplinare basato sulla combinazione di ambiente, economia e tecnologia. La parola "*industriale*" non solo si riferisce più generalmente ai complessi industriali, ma a come gli esseri umani usano le risorse naturali nella produzione delle merci e dei servizi. L'ecologia si riferisce al concetto che i nostri sistemi industriali dovrebbero comprendere i principi esibiti all'interno degli ecosistemi naturali. Il più famoso esempio di applicazione pratica dei tipici concetti dell'ecologia industriale sono i Parchi Eco-Industriali. Sono aree industriali dove collegamenti tra diversi stabilimenti massimizzano il riutilizzo di risorse normalmente considerate scarti. Questi collegamenti sono chiamati *simbiosi industriale*. Prodotti secondari (per esempio di un processo chimico), acque reflue (che possono ancora essere utilizzate per alcune funzioni) o energia sotto forma, per esempio, di calore contenuto nell'acqua di raffreddamento sono visti qui come risorse, e non come rifiuti, con benefici tangibili per l'ambiente e le aziende coinvolte.

⁷⁴ D'Amico F., Bulandra M. M., Velardi M., Bulandra M., Tanase I., "Strumenti per politiche di sostenibilità territoriale", in *Energia, Ambiente e Innovazione* 1/06, Roma, 2006.

⁷⁵ http://it.wikipedia.org/wiki/Ecologia_industriale

⁷⁶ http://www.wupperinst.org/en/projects/topics_online/mips

⁷⁷ http://sedac.ciesin.org/openmeeting/downloads/1004554152_presentation_federico_tel_mips2.pdf

⁷⁸ von Weizsacker E. U., A. B. Lovins, L. H. Lovins, *Fattore 4*, Edizioni Ambiente, Milano, 1998.

⁷⁹ <http://www.factor10-institute.org/>

Il ciclo di vita e la filiera

Sia a livello internazionale che locale per molto tempo gli interventi per ridurre gli impatti ambientali dei prodotti e servizi sono stati soprattutto rivolti alla fase della produzione (riduzione dell'uso di sostanze pericolose, delle emissioni e dei rifiuti) e a quella della gestione dei rifiuti. Questo approccio ha dato risultati importanti, soprattutto a livello locale, ma ha dimostrato di non essere sufficiente a garantire la riduzione dell'impatto ambientale complessivo della produzione, dell'uso e della dismissione di prodotti e servizi, con la conseguenza di trascurare impatti eventualmente anche di grande rilievo che si verificano in luoghi e tempi diversi da quelli della produzione.

Il concetto di "analisi del ciclo di vita"⁸⁰, già citato nel Quinto Programma d'Azione per l'Ambiente, a partire dalla Comunicazione della Commissione Europea sulla politica integrata dei prodotti⁸¹ è divenuto uno dei pilastri della politica ambientale europea.

Pensare in termini di ciclo di vita di un prodotto o di un servizio" (*Life Cycle Thinking* - LCT) significa pensare a tutte le fasi della sua vita "dalla culla alla tomba", dall'estrazione e dalla lavorazione delle materie prime alla produzione, all'imballaggio, alla distribuzione, all'utilizzo e poi al riuso, al riciclo, fino al recupero di materiali ed energia e allo smaltimento, cercando dove è possibile di ridurre gli impatti ambientali. Il LCT richiede collaborazione tra tutti gli attori coinvolti: quelli della catena di fornitura (o filiera produttiva) e quelli che partecipano alle fasi successive della vita del prodotto/servizio tra cui i consumatori, e gli altri attori che intervengono nella fase del fine vita.

Pensare in termini di ciclo di vita permette, inoltre, di evitare l'errore di ridurre gli impatti ambientali di un prodotto/servizio in una fase del ciclo di vita, ma di aumentarli in altre fasi, senza riuscire quindi a ridurre l'impatto ambientale complessivo⁸².

Nel concetto di ciclo di vita rientrano quelli di "filiera" e di "catena di fornitura" (*supply chain*). Questi concetti, che sono per diversi aspetti sovrapponibili, sono stati sviluppati nell'ambito della disciplina dell'economia aziendale senza includere, almeno all'inizio, gli aspetti ambientali delle attività. Sono stati studiati e adottati in molte aziende e su di essi c'è un patrimonio di esperienza e conoscenza che può essere utile all'attuazione pratica del concetto di ciclo di vita dei prodotti/servizi.

⁸⁰ La definizione dell'analisi del ciclo di vita è stata proposta nel 1990 dal SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) - <http://www.setac.org/>

⁸¹ Comunicazione *Politica integrata dei prodotti - sviluppare il concetto di ciclo di vita ambientale*, COM/2003/0302 del 18.6.2003.

⁸² <http://lct.jrc.ec.europa.eu/>

Attori della filiera sono i produttori di materie prime, l'industria di prima e seconda trasformazione, chi immagazzina, conserva, confeziona, etichetta, imballa, trasporta, i distributori, i commercianti all'ingrosso e al dettaglio, i fornitori e i consumatori. La tracciabilità di un prodotto lungo la sua filiera o catena di fornitura è quella che consente di conoscere tutti i componenti (materiali, sostanze, energia ecc.) che hanno contribuito alla sua realizzazione fino alla consegna al consumatore. Per i prodotti alimentari la tracciabilità è obbligatoria dal 2005 (art. 18 del Reg 178/2002/CE)⁸³.

A livello europeo l'importanza strategica dell'adozione della metodologia LCA come strumento di base e scientificamente adatto all'identificazione di aspetti ambientali significativi è espressa chiaramente all'interno del Libro Verde COM 2001/68/CE e della COM 2003/302/CE sulla Politica Integrata dei Prodotti, ed è suggerita, almeno in maniera indiretta, anche all'interno dei Regolamenti Europei EMAS (1221/2009/CE) ed Ecolabel (66/2010/CE).

Il territorio

Un approccio al problema della sostenibilità delle attività umane è quello che mette al centro delle osservazioni il territorio e i suoi rapporti con le attività umane, rapporti che oltre all'occupazione di suolo includono lo sfruttamento delle risorse naturali locali, che eventualmente può produrre degrado, inquinamento, perdita di biodiversità ecc., ma che comprendono anche le relazioni economiche e sociali delle comunità insediate e le relative esigenze di sviluppo.

L'approccio territoriale consente ad esempio la valorizzazione delle attività agricole in termini di sostenibilità locale, puntando a prodotti adatti al tipo di suolo, eventualmente adatti a prevenire i dissesti idrogeologici, coerenti con le tradizioni e la cultura locali, sicuri per l'alimentazione, tali da garantire una remunerazione economica equa alle comunità insediate e quindi da contribuire a evitare lo spopolamento delle campagne.

L'approccio territoriale è anche, ad esempio, quello che si esprime nei distretti produttivi, caratterizzati dalla presenza in un territorio limitato e circoscritto di numerose (anche centinaia) di piccole e medie imprese che realizzano prodotti simili o fanno parte della stessa filiera e che condividono conoscenze, competenze e anche infrastrutture e servizi. I distretti produttivi, tra i quali sono compresi anche i distretti turistici, sono una realtà diffusa, non solo in Italia, economicamente molto importante in cui l'impresa economica, la pubblica amministrazione, la popolazione insediata e le sue tradizioni e cultura risultano strettamente interconnesse e collaborano di fatto allo sviluppo del territorio comune.

⁸³ Regolamento (CE) n. 178/2002 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 28/1/2002 che stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità europea per la sicurezza alimentare e fissa procedure nel campo della sicurezza alimentare.

Per valorizzare questo tipo di approccio che ha al centro il territorio, inteso come ambiente fisico, sociale ed economico, il Ministero dell'Ambiente italiano ha avviato una collaborazione con alcune Regioni (Rete Cartesio)⁸⁴ e con il Ministero dello Sviluppo Economico, al fine di individuare una procedura finalizzata alla valorizzazione ambientale dei prodotti di distretto, anche attraverso l'utilizzo di uno specifico marchio.

1.4.2 Strumenti

Gli strumenti utili a realizzare uno sviluppo più sostenibile, nell'ambito delle politiche ambientali possono essere di natura diversa: tecnica, economica, giuridica. L'esperienza ha mostrato come nei casi di successo siano spesso utilizzati contemporaneamente più strumenti.

Gli strumenti economici possono essere molto utili per abbassare il costo della sostenibilità, almeno nei primi tempi. In quest'ottica può essere utile sia il ricorso a incentivi per promuovere le tecnologie verdi e per spingere l'innovazione, sia l'applicazione di tasse e tariffe che tengano conto del costo effettivo che grava sulla collettività a causa delle attività non sostenibili. Le tasse ambientali, insieme al mercato delle autorizzazioni alle emissioni (*tradable permit systems*), sono tra gli strumenti di politica ambientale più efficaci. Le tasse ambientali modificano i comportamenti sia dei cittadini sia dell'industria, soprattutto se i governi danno segnali forti che intendono mantenerle nel lungo periodo. L'OCSE ha recentemente studiato le relazioni tra le tasse ambientali e l'innovazione tecnologica verde esaminando alcuni casi di studio in diversi paesi (Svezia, Israele, UK, Giappone ecc.). Dallo studio risulta che ove sono state applicate più tasse si è avuta più innovazione e si sono ottenuti più brevetti e che le aziende che pagano tasse elevate sull'energia, sulle emissioni di gas serra e di altri inquinanti, sull'acqua ecc., hanno ridotto consumi e inquinamento in misura maggiore rispetto ai casi in cui sono stato imposto regole o *standard*.

Un'attenzione particolare meritano strumenti tecnici come l'analisi dei costi di uso e smaltimento dei prodotti (*Life Cycle Costing* - LCC) e la citata analisi del ciclo di vita (più nota con l'acronimo inglese LCA). La LCC consiste nel considerare insieme al costo di acquisto tutti gli altri costi relativi alle fasi di vita del prodotto/servizio, dall'acquisto allo smaltimento (costo di acquisto e costi associati, consegna, installazione, compenso/parcella ecc., costi di funzionamento, compreso il costo dell'energia, dei pezzi di ricambio e della manutenzione, costi del fine-vita, come disinstallazione e rimozione). Quest'approccio consente una valutazione realistica e oggettiva del rapporto costi/benefici in relazione alle prestazioni ambientali di un prodotto/servizio e in particolare consente di prevedere le esigenze di spesa

⁸⁴ <http://www.retecartesio.it/> - Rete per la gestione sostenibile di cluster, aree territoriali e sistemi d'impresa omogenei.

future (gestione e dismissione) e di superare il pregiudizio che il costo dei prodotti/servizi verdi sia comunque più elevato.

La LCA è un metodo oggettivo di analisi e valutazione degli impatti ambientali associati a un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime al fine vita (dalla culla alla tomba). La metodologia LCA è regolata dalle norme ISO della serie 14040⁸⁵. L'importanza strategica della metodologia LCA come strumento di base per l'identificazione di aspetti ambientali significativi è espressa chiaramente all'interno del "Libro Verde sulla politica integrata relativa ai prodotti" del 2001⁸⁶.

Una LCA è spesso complessa e costosa poiché richiede conoscenza dei processi e l'acquisizione di molti dati attendibili su materiali, tecnologie ecc. relativi a tutte le fasi del ciclo di vita che tuttavia non sono affatto facili da trovare. Per questo motivo si stanno diffondendo metodi semplificati che consentono una valutazione meno accurata, ma più rapida. In ogni caso, per favorire la diffusione della LCA, diverse organizzazioni internazionali stanno realizzando banche dati protette, compatibili, trasparenti e accreditate, accessibili a tutti gli interessati. La Commissione Europea, DG Ambiente, ha realizzato il Manuale ILCD⁸⁷ che fornisce le linee guida per realizzare valutazioni del ciclo di vita quantificando le emissioni, il consumo delle risorse e l'impatto ambientale dei prodotti.

La Rete Italiana LCA⁸⁸, promossa e coordinata dall'ENEA, si propone come punto di riferimento in Italia per i principali operatori del settore e rende disponibili alle organizzazioni e alle imprese un quadro chiaro e aggiornato sullo stato dell'arte della metodologia di LCA. Il sito web www.reteitalianalca.it è uno strumento per presentare i risultati di ricerche e studi di LCA, per attivare dibattiti e segnalare opportunità.

La Rete Italiana LCA, è un'iniziativa finalizzata a favorire la diffusione della metodologia di *Life Cycle Assessment* attraverso la creazione di un *network* per lo scambio di informazioni, metodologie e buone pratiche sullo stato dell'arte e sulle prospettive del LCA in Italia.

L'iniziativa è stata lanciata da ENEA nel 2006 a Bologna nel corso del *workshop* sullo stato dell'arte e prospettive degli studi di *Life Cycle Assessment* in Italia dove è stata presentata anche la prima mappatura nazionale dei gruppi e delle attività nel campo dell'analisi del ciclo di vita.

Le principali finalità della Rete Italiana LCA sono:

⁸⁵ ISO 14041, ISO 14032 e ISO 14043.

⁸⁶ COM(2001/68/CE).

⁸⁷ *International Reference Life Cycle Data System* messo a punto da JRC IES e pubblicato il 12/3/2010.

⁸⁸ <http://www.reteitalianalca.it/>

- promuovere lo scambio di informazioni e buone pratiche sullo stato dell'arte e le prospettive degli studi di LCA in Italia;
- favorire la diffusione della metodologia di LCA a livello nazionale;
- stimolare l'incontro tra i soggetti che si occupano di LCA e favorire i processi di *networking* tra diversi operatori del settore per la realizzazione di progetti a livello nazionale e internazionale.

Tra le attività della Rete LCA ci sono: Servizi informativi (Portale Internet, *Newsletter* e *Mailing list*), Gruppi di Lavoro, *Workshop* (annuale) della Rete Italiana LCA.

La eco-progettazione o progettazione sostenibile, che tiene conto degli impatti ambientali di prodotti/servizi lungo tutta la loro vita, può contribuire a ridurre tali impatti, mantenendo inalterate le prestazioni d'uso. Ad esempio può prevenire la formazione di rifiuti riducendone la quantità e la pericolosità sia con l'utilizzo di materiali provenienti da recupero/riciclo sia prevedendo la ricuperabilità/riciclabilità del prodotto o di sue parti. Su questo concetto si fonda la Direttiva EuP⁸⁹ che stabilisce dei riferimenti per le prestazioni ambientali dei prodotti e promuove prodotti efficienti dal punto di vista ambientale. La Direttiva chiede alle aziende di sviluppare prodotti utilizzando la metodologia LCA per ridurre gli impatti ambientali lungo tutto il loro ciclo di vita. Quest'approccio di successo è stato successivamente ampliato a tutti i prodotti connessi all'energia, definiti come "qualsiasi bene che abbia un impatto sul consumo energetico durante l'utilizzo ... e le cui prestazioni ambientali possono essere valutate in maniera indipendente"⁹⁰.

La somma degli acquisti delle pubbliche amministrazioni corrisponde a molti punti percentuali del prodotto interno lordo dell'Unione Europea. È quindi evidente che gli acquisti pubblici possono condizionare il mercato e, se orientati a prodotti/lavori/servizi che nell'arco della loro vita hanno un ridotto impatto ambientale, possono dare un importante contributo al miglioramento dell'ambiente, ma più in generale alla realizzazione di uno sviluppo più sostenibile. L'Unione Europea promuove gli acquisti verdi (*Green Public Procurement-GPP*) presso gli Stati Membri come strumento per l'attuazione della Politica Integrata di Prodotto (*Integrated Product Policy - IPP*) e della Produzione e del Consumo Sostenibili (*Sustainable Consumption and Production - SCP*) che concorrono a costituire la più generale politica dell'Unione Europea per uno sviluppo economico e sociale ambientalmente sostenibile. Con la Comunicazione "Acquisti pubblici per un ambiente migliore"⁹¹ la Commissione prevede ambiziosi obiettivi per il GPP a livello europeo, con l'obiettivo della maggiore competitività dell'industria, attraverso il miglioramento delle prestazioni ambientali dei

⁸⁹ Direttiva 2005/32/CE del 6 Luglio 2005, relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia.

⁹⁰ Direttiva 2009/125/CE del 21 Ottobre 2009, art 2.

⁹¹ COM(2008) 400 del 16/7/2008.

prodotti, e dell'aumento della domanda di beni e tecnologie sostenibili. La Comunicazione non contiene norme cogenti, ma l'invito ai paesi membri a realizzare e diffondere la pratica degli acquisti verdi su base volontaria, anche se nel dibattito politico e in diversi documenti ufficiali⁹² appaiono sempre più spesso chiare indicazioni sull'opportunità di stabilire livelli obbligatori minimi per gli acquisti pubblici verdi. Per favorire la diffusione e la realizzazione del GPP in tutti i paesi dell'Unione Europea in modo coerente e omogeneo, la Commissione fin dal 2008 ha messo sul proprio sito un "*GPP Training Toolkit*" che comprende indicazioni per l'attuazione di acquisti verdi da parte delle amministrazioni pubbliche, e in particolare una proposta di criteri ambientali per 20 categorie di prodotti/servizi. In Italia è stato adottato un "Piano d'azione nazionale per la sostenibilità degli acquisti pubblici – PAN GPP"⁹³ per la diffusione degli acquisti pubblici verdi di beni, lavori e servizi di alcune categorie merceologiche considerate prioritarie sulla base degli impatti ambientali e dei volumi di spesa coinvolti. Sono inoltre stati adottati con decreto del Ministro dell'Ambiente i criteri ambientali per diverse categorie di prodotti⁹⁴.

Per poter influire sui comportamenti quotidiani dei consumatori, orientandoli ad acquisti consapevoli e sostenibili, è fondamentale la diffusione di informazioni accurate, affidabili e scientificamente fondate sugli impatti ambientali durante l'intero arco della loro vita, chiaramente espresse. A questo scopo un importante strumento è costituito dalle etichette di prodotto che forniscono informazioni certificate e tali da consentire il confronto tra i prodotti. Etichette di questo tipo sono l'Ecolabel europeo⁹⁵ e le altre etichette di tipo I⁹⁶ come ad esempio il *Blaue Engel* e il *Nordic Ecolabelling* o l'*Energy Star* relativa all'efficienza energetica⁹⁷, o anche l'etichetta energetica degli elettrodomestici di cui alla Direttiva 92/75/CEE⁹⁸ (che sarà estesa a tutti i prodotti connessi all'energia)⁹⁹.

⁹² COM(2008) 397 del 16/7/2008.

⁹³ Decreto del Ministro dell'Ambiente, di concerto con i Ministri dello Sviluppo Economico e dell'Economia e Finanze, del 11 Aprile 2008.

⁹⁴ <http://www.dsa.minambiente.it/gpp/page.asp?id=77>

⁹⁵ Regolamento (CE) 66/2010, del 25 novembre 2009, relativo al marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea (Ecolabel UE).

⁹⁶ Etichette ecologiche, definite dallo standard secondo ISO 14024, basate su un sistema a molti criteri che considera l'intero ciclo di vita del prodotto, sottoposte a certificazione esterna da parte di un ente indipendente.

⁹⁷ Regolamento (CE) 106/2008, del 15 gennaio 2008, concernente un programma comunitario di etichettatura relativa ad un uso efficiente dell'energia per le apparecchiature per ufficio (Energy Star).

⁹⁸ Direttiva 92/75/CEE del 22 Settembre 1992, concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse degli apparecchi domestici, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti.

⁹⁹ COM (2008) 778 Proposta di Direttiva del 13 Novembre 2008 sull'indicazione, per via di etichettatura e di informazioni uniformi, del consumo di energia e di altre risorse da parte dei prodotti connessi all'energia.

1.4.3 L'Agenda 21

Questi approcci e strumenti possono essere considerati insieme nelle azioni di Agenda 21, che rappresenta un potente strumento metodologico per realizzare politiche di sostenibilità. L'Agenda 21 è un piano d'azione globale per la realizzazione dello sviluppo sostenibile che venne adottato durante il *summit* svoltosi a Rio de Janeiro nel giugno del 1992. Il documento include un Preambolo, nel quale l'Agenda 21 veniva a configurarsi, concettualmente, come uno strumento indirizzato alle pressanti problematiche contemporanee, e inoltre, alla preparazione del mondo in vista delle sfide che l'avrebbero atteso nel ventunesimo secolo; il Preambolo, inoltre, attribuiva ai governi, in modo chiaro e diretto, la responsabilità delle scelte, identificando nella cooperazione internazionale un importante supporto e supplemento agli sforzi compiuti a livello nazionale. Ancora, si individuava per il sistema delle Nazioni Unite un ruolo chiave in tale contesto, e contemporaneamente si chiamavano le altre associazioni internazionali, regionali o sub-regionali a contribuire a tali sforzi. Infine, il Preambolo identificava esplicitamente l'Agenda 21 come un programma dinamico, un processo in grado di evolvere a seconda del mutamento dei bisogni e delle circostanze, il segno dell'inizio di una nuova *partnership* globale per lo sviluppo sostenibile. Il documento si articolava, poi, in quattro sezioni, a loro volta suddivise in capitoli:

- sezione I - Dimensioni sociali ed economiche (cooperazione internazionale per lo sviluppo sostenibile, lotta alla povertà, cambiamento dei modelli di consumo, dinamiche demografiche e sostenibilità, salute ecc.);
- sezione II - Conservazione e gestione delle risorse per lo sviluppo (protezione dell'atmosfera, risorse della terra, deforestazione, biotecnologie, sviluppo agricolo e rurale sostenibile ecc.);
- sezione III - Rafforzamento del ruolo dei *Major group* (infanzia e gioventù, organizzazioni non governative, sindacati, autorità locali ecc.);
- sezione IV - Strumenti di implementazione (risorse finanziarie, trasferimento tecnologico, strumenti legali internazionali, informazione per i processi decisionali ecc.).

Questo il documento nelle sue componenti fondamentali. In particolare, ciò che ora si vuole evidenziare è il Capitolo 28 dell'Agenda 21, specificatamente riferito al ruolo delle autorità locali. Il concetto dell'Agenda 21 locale fu formulato e diffuso dall'*International Council for Local Environmental Initiatives* (ICLEI) nel 1991, nell'ambito del processo preparatorio della Conferenza sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED) come un riferimento per l'implementazione, da parte dei governi locali, degli indirizzi e decisioni che sarebbero poi emerse dalla UNCED¹⁰⁰. Gli sforzi dell'ICLEI condussero all'integrazione del concetto dell'Agenda 21 Locale nel prodotto principale della UNCED: l'Agenda 21.

¹⁰⁰ ICLEI, Call for a local Agenda 21, Local environmental Initiatives, Toronto, 1992.

Al fine di distinguere le attività connesse all'Agenda 21 Locale da altre modalità di pianificazione ambientale e processi di gestione, l'ICLEI definiva l'Agenda 21 Locale come un processo partecipativo, multisetoriale per raggiungere i risultati dell'Agenda 21 a livello locale, attraverso l'elaborazione e la realizzazione di un piano d'azione strategico, a lungo termine, tale da indirizzare le priorità per uno sviluppo sostenibile locale ¹⁰¹.

In seguito alla UNCED si ebbe un periodo di sperimentazione nell'implementazione del concetto dell'Agenda 21 Locale da parte dei governi locali, organizzazioni nazionali e internazionali e agenzie delle Nazioni Unite. È evidente come nelle iniziative di Agenda 21 locale l'approccio territoriale, quello sistemico e quello del ciclo di vita trovano realizzazione.

L'Agenda 21 rappresenta un modo nuovo col quale intere comunità possono essere coinvolte in azioni di pianificazione territoriale integrate da iniziative che riguardano la sfera economica, sociale e ambientale. Infatti, le autorità locali hanno il compito di costruire, gestire e mantenere infrastrutture ambientali e sociali, coordinano processi di pianificazione locali, e sono coinvolte nell'applicazione di politiche nazionali e regionali. La partecipazione popolare che le iniziative di Agenda 21 sono in grado di suscitare è condizione necessaria per la riuscita di politiche sostenibili.

¹⁰¹ ICLEI, Local Agenda 21 Survey, A study of responses by Local Authorities and Their National and International Associations to Agenda 21, Toronto, 1997.

2 SISTEMI PRODUTTIVI E TERRITORIO

2.1 Think globally, act locally

In questo capitolo sono trattati i rapporti tra sistema produttivo e territorio, alla luce delle teorie sulla sostenibilità. Per sistema produttivo si può intendere sia l'insieme delle attività produttive, sia il fatto che le attività produttive possono agire o rispondere come un sistema organizzato. La seconda interpretazione è, nel caso specifico, la più interessante, riducendosi la prima ad una pura elencazione di attività. Applicare politiche di sostenibilità in un territorio significa non solamente migliorarne la situazione ambientale, ma soprattutto realizzare il suo sviluppo in modo armonico e secondo i criteri della coesione sociale. Nel caso in cui le diverse attività produttive vogliano partecipare all'impostazione di politiche di sostenibilità, gli obiettivi strategici delle singole unità produttive, in relazione ai loro rapporti con il territorio, devono essere coincidenti, pena il fallimento dell'iniziativa. Inoltre, per realizzare uno sviluppo economico che non sia basato esclusivamente sulla ricerca di soluzioni tecnologiche e gestionali a garanzia di ritmi di crescita elevati e dell'ottimizzazione dell'efficienza produttiva, ma che sia in grado di contribuire al miglioramento delle condizioni di vita e sociali, la disponibilità del mondo imprenditoriale a cooperare con le altre componenti sociali e amministrative viene considerata un elemento imprescindibile. Tuttavia, proprio tale disponibilità delle imprese sembra oggi difficilmente concretizzarsi. Tale fenomeno non sembra totalmente attribuibile ad una carenza di sensibilità del sistema economico e industriale rispetto alle problematiche della sostenibilità, quanto piuttosto alla mancanza di "linee guida operative" e di professionalità adeguate, in grado di indirizzare le imprese verso un percorso di sostenibilità. Le difficoltà incontrate dalle imprese (specialmente nel caso delle PMI) nel confrontarsi con i principi dello sviluppo sostenibile derivano prevalentemente dalla mancanza (e dalla difficoltà) di una definizione operativa di tale concetto e di come questo debba essere perseguito a livello aziendale¹⁰².

In base a tali considerazioni, emerge la necessità di superare i tentativi di elaborare una definizione univoca di sostenibilità, concentrando l'attenzione della comunità scientifica e tecnica sui principi che ad oggi sono condivisi e cioè, ad esempio, che per andare nella direzione della sostenibilità è necessario, come prima cosa, confrontarsi con il territorio e con le sue caratteristiche. Ciò che si deve porre in evidenza, è la potenzialità dello sviluppo economico di rispondere ad alcune necessità declinabili in principi-guida dello sviluppo sostenibile che possano poi essere importati e tradotti a livello d'impresa o di sistemi di imprese. In particolare possono essere individuati i seguenti principi-guida¹⁰³:

¹⁰² Iraldo F., *Ambiente, impresa e distretti industriali*, Franco Angeli, Milano, 2002.

¹⁰³ Ibidem.

- integrazione della dimensione economica, sociale e ambientale dello sviluppo;
- il concetto di equità, inteso nel duplice significato di equità inter-generazionale ed equità distributiva (o infra-generazionale);
- dimensione globale e locale dello sviluppo;
- attenzione al soddisfacimento dei bisogni e delle aspettative della comunità.

Una politica sostenibile, cioè una politica che sviluppi un territorio, le sue componenti e relazioni sociali e sia nello stesso tempo rispettosa dei principi della salvaguardia ambientale, presuppone l'intervento di tutte le componenti sociali di un territorio. Non si può realizzare una politica sostenibile con la sola partecipazione delle imprese, perché le amministrazioni e i singoli cittadini devono esservi coinvolti. Dunque, affinché le imprese possano intraprendere un cammino verso la sostenibilità, il concetto stesso di sostenibilità va territorializzato per poter essere perseguito, in quanto variano le capacità di carico e potenzialità di ogni singolo contesto locale¹⁰⁴. In più, le imprese devono tener conto della percezione degli *stakeholder* se vogliono perseguire strategie di sostenibilità¹⁰⁵, e al contempo, devono considerare che l'insieme degli interessi di cui gli *stakeholder* sono portatori condiziona la loro percezione della sostenibilità¹⁰⁶. E ancora, le relazioni fra imprese ed ecosistema risultano variamente percepibili e valutabili ad una scala locale, dove il territorio e la qualità ambientale diventano posta in gioco per una pluralità di soggetti¹⁰⁷. È proprio a livello delle comunità locali che risulta più probabile e più diretto per gli operatori economici il confronto con una percezione uniforme degli impatti ambientali, e quindi il confronto con una domanda di sostenibilità più facilmente identificabile. E sempre a tale livello è facile identificare gli *stakeholder* con i quali è necessario interagire per rendere possibili le azioni di *sustainability building*.

Dopo una prima fase, che possiamo far coincidere con gli anni 80, in cui il concetto di sostenibilità è stato dibattuto a livello macro e in confronti internazionali (conferenze internazionali, studi di effetti globali come l'effetto serra ecc.), quando nel decennio successivo la sostenibilità è stata affrontata in termini di politiche e di strumenti attuativi, la dimensione locale ha mostrato tutta la sua importanza.

La dimensione locale della sostenibilità, la necessità di "territorializzare" tale concetto, ci porta a considerare il fenomeno ad un differente livello, in cui è proprio il territorio a divenire l'elemento centrale nella definizione delle possibili azioni orientate alla sostenibilità.

Ciò ha indirizzato la ricerca delle soluzioni verso un livello micro; vengono perciò in questo capitolo tenuti in considerazione soprattutto sistemi produttivi locali e territori limitati.

¹⁰⁴ Bresso M., *Per un'economia ecologica*, Nuova Italia Scientifica, Roma, 1993.

¹⁰⁵ Iraldo F., *Ambiente, impresa e distretti industriali*, Franco Angeli, Milano, 2002.

¹⁰⁶ Ibidem.

¹⁰⁷ Segre A., Dansero E., *Politiche per l'ambiente – Dalla natura al territorio*, UTET, Torino, 119.

Questa impostazione non è limitativa perché, secondo l'ipotesi di Wallner, il raggiungimento sul territorio di forme sociali ed economiche sostenibili rappresenterebbe il raggiungimento di un nuovo stadio evolutivo¹⁰⁸. È implicito in questa ipotesi un parallelo tra mondo delle imprese e mondo biologico, similitudine non nuova nelle discipline ambientali, essendo stata già tentata con l'introduzione del concetto di metabolismo industriale¹⁰⁹.

Tale visione implica che non dovremmo considerare il concetto di sviluppo sostenibile come un possibile modello di sviluppo dell'*attuale sistema* (raggiungibile nel lungo periodo), ma piuttosto come la transizione ad un *nuovo stato del sistema*. Un modello di sviluppo che descrive tale transizione verso lo sviluppo sostenibile è definito delle "isole di sostenibilità". Esso si fonda sull'assunto che perturbazioni innovative in territori limitati (le isole di sostenibilità) introducano nuove strutture nel vecchio sistema (non sostenibile), in modo da metterne in discussione la stabilità strutturale¹¹⁰ e superarlo definitivamente.

2.2 Il territorio

Nella dichiarazione di Lubiana (2003)¹¹¹, i ministri europei della Pianificazione Territoriale hanno ribadito che la sostenibilità deve essere raggiunta localmente, e affermano che il territorio è centrale nella realizzazione delle politiche di sostenibilità. Viene anche definito il concetto di territorio come "*a complex system, comprising not only urbanized, rural and other spaces, e.g. industrial land, but nature as a whole and the environment surrounding mankind*". Si tratta di un concetto molto complesso, perché presuppone aspetti diversi che per essere indagati in sé e nei loro rapporti hanno bisogno di un approccio olistico multidisciplinare.

In un'iniziativa di sviluppo sostenibile il territorio è la porzione di superficie terrestre su cui si è deciso di intervenire, esaminata, ad esempio, sotto l'aspetto morfologico, geologico, naturalistico, produttivo, economico e sociale.

Ogni territorio si presenta come un *unicum*, perché dotato di un particolare capitale naturale, economico e sociale. La storia e la geografia possono spiegare

¹⁰⁸ Wallner H. P., "Towards sustainable development of industry: networking, complexity and eco-cluster", in *Journal of Cleaner Production*, n 7, 1999.

¹⁰⁹ Frosch, R. A., Gallopoulos N. E., "Strategies for Manufacturing", in *Scientific American*, 144-152, 1989.

¹¹⁰ Wallner H. P., Narodoslawsky M., Moser F., "Islands of sustainability: a bottom-up approach towards sustainable development", in *Environment and Planning A* 28 (10): 1763-1778, 1996.

¹¹¹ Dichiarazione di Lubiana sulla dimensione territoriale dello sviluppo sostenibile, 16-17 settembre 2003.

molto dell'economia di un territorio¹¹². Il capitale naturale (ambiente e geografia) e la spiegazione di ciò che è accaduto nel passato (storia) determinano il grado di cultura e di iniziativa della popolazione, il grado di ricchezza disponibile, il capitale naturale che resta a disposizione della popolazione. Da questo mix di possibilità deriva l'elaborazione di una politica a lungo termine (sostenibile) in grado di armonizzare le varie componenti della sostenibilità. Ma territorio significa anche individuazione degli *stakeholder* coinvolti dapprima nell'elaborazione, poi nella realizzazione di questa politica.

Dal punto di vista del territorio e delle componenti della società che lo abita, l'elaborazione di questo tipo di politiche non è semplice, perché possono risulterne spinte sociali non controllabili che possono far fallire la realizzazione della sostenibilità. È il caso, per esempio, di molte località italiane marine o montane, che pur dotate di capitale naturale e di un buon capitale sociale hanno bruciato in pochi anni le loro possibilità, in quanto l'aspirazione a diffondere il benessere in tempi brevi ha portato a tipi di sviluppo che hanno degradato il capitale naturale, allontanato la clientela più colta e rispettosa del paesaggio, attirato una clientela indifferente al valore del capitale naturale e iniziato un percorso di progressivo degrado ambientale, economico e sociale.

Certamente non è semplice elaborare e realizzare politiche di sostenibilità col necessario consenso sociale, perché in una società anche se piccola le spinte sono molteplici e contraddittorie tra loro, le posizioni ideologiche spesso distanti; gli stessi tempi lunghi che caratterizzano le politiche di sostenibilità sono complessi da gestire, in quanto bisogna avere da una parte la flessibilità necessaria per poter aggiustare il tiro quando necessario, dall'altra saper gestire questa flessibilità senza recedere dagli obiettivi prefissati. Per questi motivi, l'accento in questo tipo di iniziative è posto quasi sempre sul coinvolgimento, sulla convinzione della popolazione a raggiungere l'obiettivo, più che sugli aspetti tecnici e tecnologici.

Ciò non vuol dire che gli aspetti tecnologici di politiche di sostenibilità siano di secondaria importanza o del tutto risolti, ma l'elemento cruciale per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità è soprattutto la giusta motivazione dei diversi gruppi sociali interessati, che consente di superare divergenze di posizioni e di interessi. Se consideriamo ad esempio il gruppo sociale che si riconosce tra le persone attive nelle attività produttive, diverse possono essere le esigenze tra imprenditori e impiegati, tra giovani e anziani, tra aziende che considerano di non avere futuro produttivo (per es. imprenditori i cui figli non sono interessati a continuare l'attività) e aziende che hanno già preparato un passaggio generazionale, tra aziende piccole e grandi, tra aziende che sicuramente vedono il loro futuro svilupparsi sul territorio e aziende che si riservano di delocalizzare le attività. A questo si potrebbero aggiungere le differenze che si ritrovano tra aziende che fanno parte di settori maturi e aziende che sono attive in

¹¹² Becattini G., *Distretti industriali e made in Italy – Le basi socio-culturali del nostro sviluppo economico*, Bollati Boringhieri, Torino, 1998.

settori in grande sviluppo, oppure tra aziende che lavorano per il mercato domestico e aziende che esportano. Ognuna di queste differenziazioni produce politiche aziendali diverse e questo in pratica si evidenzia come differenze rispetto la volontà e la possibilità di investire sia in impianti sia in persone. Tutte queste posizioni devono accettare di essere ricondotte alla politica generale di sostenibilità da perseguire.

2.3 Il sistema produttivo locale in Italia

Risulta interessante esaminare i modi diversi in cui una zona industrialmente sviluppata si può configurare sul territorio, e in particolare in Italia. Esistono alcuni modelli cui ci si può riferire quando si analizza un territorio industrializzato, che possono essere ricondotti a due schemi specifici: il distretto industriale italiano (DII) e le aree ecologicamente attrezzate (AEA). Negli ultimi anni questa differenziazione tra modelli tende a non essere seguita, con la conseguenza che qualsiasi aggregato di imprese viene definito distretto o “cluster”, utilizzando il termine inglese che mette in evidenza l’aggregazione delle imprese. È bene però, soprattutto quando si considera l’aggregazione in relazione alla sostenibilità, effettuare una distinzione tra modelli in quanto, proprio a livello di elaborazione di politiche di sostenibilità, sono diversi i livelli di partenza e possono essere diversi gli interventi da realizzare.

2.3.1 I distretti industriali italiani

A livello giuridico la storia dei distretti industriali inizia nel 1991, con la Legge 5 ottobre 1991, n. 317 “Interventi per l’innovazione e lo sviluppo delle piccole imprese”. I distretti industriali sono disciplinati dall’art. 36 comma 1 e 2:

1. “Si definiscono distretti industriali le aree territoriali locali caratterizzate da elevata concentrazione di piccole imprese, con particolare riferimento al rapporto tra la presenza delle imprese e la popolazione residente nonché alla specializzazione produttiva dell’insieme delle imprese.”
2. “Le Regioni, entro 180 giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, individuano tali aree, sentite le Unioni regionali delle camere di commercio, industria, artigianato e agricoltura, sulla base di un decreto del Ministro dell’industria, del commercio e dell’artigianato, da emanare entro 90 giorni dal predetto termine, che fissa gli indirizzi e i parametri di riferimento.”

Il successivo DM del 21 aprile 1993 “Determinazione degli indirizzi e dei parametri di riferimento per l’individuazione da parte delle Regioni, dei distretti industriali” ha stabilito che le “aree territoriali locali” da prendere a riferimento per la definizione dei distretti industriali (art. 36 della legge 317/91) dovevano corrispondere ai “sistemi locali del lavoro individuati dall’ISTAT” e che un distretto poteva coincidere con un Sistema Locale del Lavoro (SLL) oppure

comprendere più SLL contigui. Questo decreto ha anche indicato la procedura da seguire per determinare i distretti industriali¹¹³.

I SLL sono stati individuati dall'ISTAT sulla base degli spostamenti quotidiani tra comuni per motivi di lavoro, rilevati in occasione dei Censimenti generali della popolazione e rappresentano luoghi della vita quotidiana della popolazione che vi risiede e vi lavora. Si tratta di unità territoriali costituite da più comuni contigui tra loro. I confini dei SLL attraversano i confini amministrativi delle province e delle Regioni. L'unico limite salvaguardato è quello del comune, in quanto esso è l'unità elementare per la rilevazione dei dati; ogni comune italiano, pertanto, appartiene ad un solo SLL.

I distretti industriali derivano dalla definizione dei SLL, e corrispondono a SLL con attività prevalentemente manifatturiera.

In realtà la legislazione ha cercato di codificare un fenomeno nato ben prima dell'approvazione della legge e studiato intensamente già dalla fine degli anni 60. La prima definizione di distretto è della fine del diciannovesimo secolo e si deve a Marshall¹¹⁴, un economista britannico che aveva individuato come intorno alle grandi aziende tendessero a nascere aggregazioni di piccole imprese che le aiutavano nella produzione. Il concetto era stato poi accantonato dalla teoria economica, finché una serie di economisti italiani non l'ha reinterpretato. I distretti costituiscono una componente strategica del panorama industriale italiano e, in alcuni settori produttivi, rappresentano l'asse portante del *Made in Italy* e dell'industria manifatturiera. Al di là della classificazione ISTAT, che rappresenta il metodo ufficiale di definizione di distretto, esistono altri tipi di classificazioni, in base alle quali il numero di distretti varia.

Le Regioni hanno iniziato a normare la materia, arrivando a definizioni pratiche di distretto che non coincidono né con le classificazioni ISTAT, né talvolta con le interpretazioni dei rappresentanti più illustri degli studiosi italiani del fenomeno distrettuale (Becattini, Rullani, 1993)¹¹⁵. Questa confusione deriva probabilmente dal fatto che le Regioni attribuiscono finanziamenti e incentivi alle sole forme distrettuali, cosicché talvolta per finanziare aggregati di imprese altri dai distretti, si attribuisce un titolo distrettuale a realtà che non lo sono.

Se per definire un distretto si passa da un metodo quantitativo (come quello utilizzato dall'ISTAT) al riconoscimento dei caratteri che lo contraddistinguono, la situazione può essere notevolmente chiarita.

Si ha un distretto ogni volta che un certo numero di imprese appartenenti allo stesso settore o produttrici dello stesso prodotto si localizzano su un territorio

¹¹³ Lorenzini F., *Distretti industriali e sistemi locali del lavoro*, ISTAT, 2001.

¹¹⁴ Marshall A., *Principles of Economics*, Macmillan, Londra, 1920.

¹¹⁵ Becattini G., Rullani E., "Sistema locale e mercato globale", in *Economia e politica industriale* n. 80, 1993.

relativamente ristretto, in modo di avere vicinanza; questa contiguità permette di far avvenire in modo molto economico una serie di processi di scambio tra le aziende di materiali, idee e conoscenza. Il distretto è un modello territoriale prima ancora che produttivo; il territorio, con le sue caratteristiche storiche, geografiche, culturali, amministrative, è inteso essere il tessuto connettivo delle relazioni tra le imprese, tra imprese e società locale, e assume un forte connotato di identità locale, nella quale gli attori distrettuali si riconoscono. Le caratteristiche del distretto sono:

- *genius loci*, ciò che viene definito come storicità;
- uno o più prodotti forti sui mercati;
- una crescente divisione del lavoro tra imprese;
- accumulo di conoscenze e competenze, sia per l'interdipendenza esistente tra le imprese, sia per l'integrazione tra mondo produttivo e sistema educativo locale;
- produzione e riproduzione delle capacità organizzative e imprenditoriali per la diffusione delle conoscenze, condizione questa ultima che è causa ed effetto dell'esistenza del distretto.

Più che un'aggregazione di imprese, il distretto è il valore aggiunto che da questa aggregazione nasce e si riproduce. Tale proprietà può essere ritrovata sia nei distretti in cui esistono aziende leader, sia nei distretti in cui ancora nessuna azienda ha affermato la propria supremazia.

I DII sono fenomeni spontanei, la cui forma attuale è il risultato di un'evoluzione di un tempo lungo, quasi mai inferiore al mezzo secolo. Ma questo tipo di aggregazione dimostra la sua vitalità anche su periodi di tempo superiore, come è il caso dei distretti storici italiani, la cui esistenza è comprovata da secoli. Ciò significa che questo tipo particolare di aggregazioni può resistere a grandi variazioni politiche e sociali. L'evoluzione attuale dei distretti tende a farli diventare non più sistemi di organizzazione della divisione del lavoro, ma nuovi sistemi governati dalla conoscenza, nei quali la risorsa critica è la capacità di gestire flussi informativi, comunicare linguaggi scientifici-tecnologici e governare moduli complessi¹¹⁶.

Il distretto è una struttura o un insieme di strutture che interagiscono tra di loro in modo molto complesso; queste complessità sono rese più evidenti considerando la dimensione media delle imprese. Per esempio, nel distretto friulano della sedia la media degli addetti per impresa nel 1996 era di 11 dipendenti¹¹⁷; nei distretti italiani raramente il numero medio dei dipendenti per azienda arriva a 15-16.

¹¹⁶ Coro' G., Rullani E., *Percorsi locali di internazionalizzazione, Competenze e auto-organizzazione nei distretti industriali del Nord-Est*, F. Angeli, Milano, 1998.

¹¹⁷ Grandinetti R., *Il seggiolaio e l'economia globale. La transizione evolutiva del distretto friulano della sedia attraverso i risultati di un'indagine sul campo*, Cedam, Padova, 1999.

Questa caratteristica è una delle debolezze del sistema dei distretti, in quanto queste ridotte dimensioni storicamente hanno comportato una grande attenzione ai temi puramente produttivi delle aziende, mentre sono stati trascurati tutti i temi organizzativi e di gestione della qualità. A fronte di prodotti distrettuali dotati di buona qualità, derivante solamente da ciò che si definisce *genius loci*, l'attenzione alla qualità in tutte le sue forme non è stata considerata finora un elemento strategico: a fronte di prodotti di buona qualità manca perciò generalmente la capacità di colloquio col cliente, la conoscenza del mercato e della sua evoluzione, l'attenzione alla qualità ambientale.

Nei distretti industriali italiani sono localizzate il 40% delle aziende manifatturiere, il 39,3% dell'occupazione italiana, vi viene realizzato il 27% del PIL nazionale e il 46% dell'*export*¹¹⁸. Ciò spiega l'attenzione rivolta a questi aggregati di aziende sia dal punto di vista accademico sia dal punto di vista legislativo.

Tutti i distretti mostrano lo stesso tipo di evoluzione, caratterizzato da tre fasi¹¹⁹:

- specializzazione della produzione;
- irrobustimento dei rapporti tra imprese;
- maturità.

La maturità corrisponde ad una fase di staticità e di scarsa dinamicità. I distretti italiani sono quasi tutti in questa terza fase, caratterizzata da bassa crescita proprio nel momento in cui la concorrenza internazionale si è fatta più aggressiva. Esiste il rischio concreto di scomparsa di molti distretti italiani, senza l'adozione di politiche di rivitalizzazione che ne rilancino il ruolo.

2.3.2 Le aree industriali ecologicamente attrezzate

Il concetto di "aree produttive ecologicamente attrezzate" (APEA), altrimenti dette "aree industriali ecologicamente attrezzate" (AEA) è stato formalizzato nel Decreto Legislativo 112/98 "Bassanini" (art. 26) ed è messo in relazione in modo diretto con le "aree industriali", in modo tale che i due concetti siano inglobati l'uno nell'altro. Il decreto perciò lascia la regolamentazione e la realizzazione delle aree alle istituzioni Regionali; esse sono subordinate ad alcune caratteristiche di indirizzo comuni che il decreto detta:

- la garanzia di tutela per la salute e la sicurezza dei cittadini e dell'ambiente;
- la gestione unitaria da parte di un unico soggetto che abbia facoltà di intervento sulle politiche e sugli obiettivi da determinare per l'area e sulla loro realizzazione;

¹¹⁸ Terribile P., "Distretti italiani, fare gruppo valorizzando il Made in Italy", in *Amministrazione e finanza* n. 22, IPSOA, 2007.

¹¹⁹ Ricciardi A., "Le prospettive dei distretti italiani: crisi o sviluppo?", in *Amministrazione e Finanza* n. 22 IPSOA, 2007.

- la centralizzazione dei servizi e delle infrastrutture, con il conseguente esonero per le ditte insediate dall'acquisizione individuale degli stessi, e la progettazione e gestione degli stessi in modo da massimizzare l'efficienza nell'uso delle risorse da parte delle singole aziende insediate e da minimizzare il loro impatto sull'ambiente circostante;
- la scelta del luogo di insediamento attribuita all'ente locale, per cui la localizzazione e la progettazione rispondano a requisiti urbanistici e territoriali determinati dalle caratteristiche e dai vincoli del territorio in cui l'area si inserisce e dalle esigenze e obiettivi degli attori che nel territorio operano. Il luogo di insediamento va individuato prioritariamente tra quelli preesistenti, in attività o in dismissione, e l'ente locale può avvalersi di diversi mezzi per l'acquisizione degli spazi, incluso l'esproprio.

Purtroppo l'applicazione del decreto Bassanini nelle realtà regionali ha subito processi di rallentamento. Non tutte le Regioni hanno legiferato per recepirlo; le Regioni più attive in questo processo hanno a loro volta delegato le Province, o i Comuni, o i Consorzi d'area. In taluni casi sono stati previsti aiuti per lo sviluppo di dette aree da parte delle Regioni. In definitiva si può dire, tenuto conto anche del periodo di tempo intercorso tra l'approvazione del decreto e lo stato generale di attuazione, che il decreto Bassanini è stato un'occasione persa per il sistema paese.

Considerando le situazioni in cui il livello di attuazione è più avanzato, e le delibere di giunta e le conseguenti linee guida che raggiungono il livello disciplinatorio e normativo più complesso (finora individuabili nelle seguenti Regioni: Emilia Romagna, Liguria, Marche e Sardegna, Toscana e Piemonte), è comune l'insistenza sui seguenti aspetti:

- personalità giuridica del soggetto gestore unico;
- condizioni di assetto territoriale, dal punto di vista infrastrutturale e culturale;
- programma ambientale;
- promozione dell'uso degli strumenti esistenti di certificazione e di valutazione;
- programma di monitoraggio.

Per raggiungere le condizioni richieste dalla normativa è necessario che negli ambiti produttivi vengano rispettati determinati requisiti prestazionali inerenti:

- a) la salubrità e igiene dei luoghi di lavoro;
- b) la prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del terreno;
- c) lo smaltimento e recupero dei rifiuti;
- d) il trattamento delle acque reflue;
- e) il contenimento del consumo dell'energia e il suo utilizzo efficace;
- f) la prevenzione, controllo e gestione dei rischi di incidenti rilevanti;
- g) l'adeguata e razionale accessibilità delle persone e delle merci.

Le APEA rappresentano perciò un'evoluzione rispetto alle zone industriali classiche, per due motivi: il loro qualificarsi come ecologiche e la loro gestione comune. Per quanto riguarda il primo punto, per raggiungere un livello alto di qualità ambientale l'area può provvedere all'installazione di impianti per la produzione di energie da fonti alternative, o curare la coibentazione degli edifici e gli impianti per la produzione del calore finalizzati al raggiungimento di una maggiore efficienza energetica, così come installare impianti comuni di depurazione acque ecc. La gestione comune è sicuramente importante dal punto di vista dell'abbattimento dei costi, ma rappresenta anche un importante fattore di pianificazione durante l'esercizio dell'area, non solamente in fase di progettazione e realizzazione.

2.4 Il sistema territoriale delle imprese e lo sviluppo sostenibile

Se si considerano le imprese come sistema sulla base dei due modelli trattati precedentemente (i distretti industriali e le aree industriali ecologicamente attrezzate) si possono ricavare utili informazioni riguardo la possibilità di realizzare politiche di sviluppo sostenibile.

Per quanto riguarda il distretto italiano classico, questo è in generale costituito da un aggregato di imprese le cui attività vengono in parte influenzate sia dalle caratteristiche fisiche del territorio, sia dalle conseguenze stesse delle attività antropiche che sul territorio avvengono. Questa è una caratteristica importante del distretto perché in grado di influenzarne la nascita e il mantenimento dello sviluppo.

Il territorio, le relazioni socio-economiche, l'ambiente, sono gli elementi che caratterizzano ogni aggregato distrettuale. Quando essi sono armonicamente composti e sviluppati, il distretto si sviluppa. Ciò avviene, secondo il modello *marshalliano*, per l'esistenza di economie esterne all'impresa, ma interne al sistema di cui l'impresa fa parte.

La presenza delle economie esterne nei fenomeni di agglomerazione territoriale di imprese, può essere compresa solamente utilizzando il concetto di sistema. Queste particolari economie, infatti, originano dalle relazioni specifiche che si instaurano al suo interno; esse divengono caratteristiche del sistema; non si generano a livello di singola impresa, ma dipendono dalle sue relazioni con gli altri elementi del sistema. Per esempio, sotto la condizione fondamentale della concentrazione territoriale dell'industria, si possono generare "economie di agglomerazione", che sono una valida alternativa alle economie di scala che le imprese distrettuali, per le loro dimensioni, non possono generare.

Limitarsi a considerare esclusivamente la natura economica di queste condizioni, sarebbe riduttivo e rinnegherebbe il concetto stesso di distretto. La possibilità di attuare la peculiare organizzazione della produzione distrettuale non può essere ricondotta semplicemente all'esistenza di economie nella divisibilità del lavoro e nei costi di transazione. La frammentazione della catena del valore e l'estrema

flessibilità della produzione determinano un elevato fabbisogno di coordinamento fra le imprese e necessitano della presenza di condizioni che permettano al sistema di auto-organizzarsi. Il distretto vive di un apparente paradosso, la "coopetition", cioè l'esistenza contemporaneamente di competizione e cooperazione. La competizione può essere ricondotta a tre fattori:

- la contiguità di un gran numero di imprese che elimina i monopoli spaziali;
- la percezione delle mosse dei concorrenti che risulta immediata e induce a reazioni più pronte;
- la contiguità delle imprese carica la rivalità commerciale di un tratto personale, di un misto d'invidia e desiderio di emulazione.

Tuttavia, l'agglomerazione territoriale delle imprese rende agevoli forme di cooperazione consapevole e semi-consapevole: le prime si sostanziano nella possibilità di usufruire di infrastrutture comuni, nella cooperazione nei processi di acquisto e vendita, nella presenza di centri locali di formazione professionale, nell'esistenza di molteplici forme associative; le seconde sono rappresentate da quelle regole e convenzioni accettate dalla comunità su cui il distretto industriale si fonda, e che hanno l'effetto di impedire la degenerazione della competizione in forme dagli esiti distruttivi per il sistema.

L'ampia circolazione delle informazioni non permette esclusivamente di sfruttare vantaggi nei costi di transazione; essa alimenta processi di produzione e diffusione della conoscenza fondamentali per la competitività e la capacità innovativa delle imprese aggregate nel distretto, senza i quali non si dispiegherebbero a pieno le potenzialità derivanti dalla forma di organizzazione della produzione attuata al suo interno.

La tendenza alla cooperazione genera, infatti, l'abbattimento di barriere comunicative, permettendo l'ampia circolazione delle informazioni. Le conoscenze contestuali vengono prodotte e trasferite tramite processi di tipo *learning by doing*, *learning by using*, *learning by interacting*.

Le dinamiche evidenziate non hanno esclusivamente matrice economica, tuttavia esse producono vantaggi rilevanti; esse possono essere definite come economie di contiguità. Esse sono diffuse sul territorio e non possono essere fatte proprie da nessun attore individualmente; sono localizzate, poiché appartengono alle imprese radicate nel distretto; sono "generate inconsapevolmente"¹²⁰ tramite l'interazione dei diversi attori produttivi locali. Perciò, come le economie di agglomerazione, risultano esterne all'impresa ma interne al sistema e l'impresa può usufruirne solo localizzando le proprie attività su quel territorio.

Questi meccanismi, evidenziati dall'interpretazione sistemica del distretto, determinano la nascita e lo sviluppo del distretto: quando essi si interrompono il distretto muore; diventa essenziale quindi sviluppare le caratteristiche che ne

¹²⁰ Iraldo F., *Ambiente, Impresa e Distretti industriali*, Franco Angeli, Milano, 2002.

riproducono la competitività. È stato messo in evidenza come questa competitività dipenda non solamente dalla produzione delle merci, ma anche dalla riproduzione dei valori distrettuali, delle conoscenze, delle istituzioni e del suo ambiente naturale¹²¹. Fra i fattori produttivi fondamentali è allora possibile individuare un'ulteriore tipologia di capitale: il "capitale naturale", da intendersi non solo come l'insieme delle singole risorse, ma soprattutto come l'insieme delle relazioni che si sviluppano fra mondo inorganico e mondo vivente¹²². Un'inefficiente gestione del capitale naturale diviene un punto critico per un sistema locale distrettuale perché porta all'impossibilità di riprodurre in modo virtuoso i meccanismi del distretto, generando diseconomie di sistema, che abbassano la competitività delle imprese distrettuali. Le imprese dovrebbero interpretare ogni emissione inquinante, o la produzione di rifiuti, come un segnale del fatto che le risorse processate sono state utilizzate in modo inefficace o inefficiente¹²³. La relazione fra le imprese presenti nel distretto e l'ambiente naturale ha una connotazione strategica: la mancanza di equilibrio carica di una connotazione negativa i legami e le retroazioni che si instaurano fra gli altri elementi del sistema.

Per difendere il capitale naturale non c'è altra strada che quella di iniziare percorsi di sostenibilità distrettuale. La grande concentrazione distrettuale determina l'impossibilità da parte di una singola impresa o di un numero esiguo di imprese di realizzare azioni di sostenibilità. Al contrario, la sostenibilità può essere efficacemente perseguita solo se diventa una caratteristica di tutto il distretto, legata al territorio: ciò che presuppone la partecipazione di tutte le aziende e di tutti gli *stakeholder*.

Essendo stato messo in evidenza, quindi, che il sistema distrettuale si sviluppa quando esiste un equilibrio tra sviluppo economico, relazioni sociali e la dimensione ecologica, e poiché proprio l'equilibrio tra queste tre componenti è ciò che caratterizza le azioni di sviluppo sostenibile, ne deriva che, teoricamente, non c'è contraddizione tra iniziative di sviluppo economico del distretto e sviluppo sostenibile del distretto; è per questo che lo sviluppo sostenibile è stato definito una "necessità" per il sistema paese.

Il fatto che non ci sia contraddizione tra sostenibilità e sviluppo distrettuale rappresenta anche un potente impulso allo sviluppo dell'eco-innovazione. Quest'ultima finora non è stata molto diffusa tra le aziende distrettuali, in quanto questo tipo di innovazione non rientra molto nell'abituale modo in cui l'innovazione si elabora e si diffonde nei distretti. Nei distretti è connaturata l'innovazione incrementale, così detta per sottolineare come essa proceda per

¹²¹ Becattini G., Rullani E., "Sistema locale e mercato globale", in *Economia e politica industriale* n. 80, 1993.

¹²² Bresso M., *Per un'economia ecologica*, Nuova Italia scientifica, Roma, 1993.

¹²³ Porter M.E., Van Der Linde C., "Green and competitive: ending the stalemate", in *Harvard Business Review*, Sep-Oct, 1995.

piccoli passi (modifiche migliorative, adattamenti, progressivi affinamenti, che non stravolgono il modo di produrre distrettuale), piuttosto che attraverso cambiamenti radicali dei processi e delle tecnologie, normalmente frutto di investimenti rilevanti in attività di R&S¹²⁴. L'innovazione incrementale porta generalmente, da un punto di vista ambientale, a sviluppare processi di eco-efficienza.

Le aziende distrettuali da sole non possono realizzare le cosiddette innovazioni discontinue, quelle innovazioni caratterizzate non dalla razionalizzazione dei processi produttivi, ma da bruschi salti della tecnologia dei processi utilizzati. Le innovazioni discontinue portano a eco-innovazione, e ai migliori risultati ambientali, ma presuppongono grossi investimenti finanziari e capacità di gestione della ricerca. Per queste ragioni nei distretti italiani i processi sono molto tradizionali; le aziende distrettuali non possono facilmente neppure realizzare innovazioni di prodotto, perché la dimensione aziendale non le mette in grado di controllare tutti i fattori necessari al lancio di un nuovo prodotto. Per questi motivi un percorso di sostenibilità distrettuale richiede una forte interazione tra tutti gli *stakeholder*, non solamente aziende, ma cittadini ed enti preposti alla ricerca, per sviluppare innanzitutto lo studio strategico dell'area distrettuale e dei prodotti distrettuali. In questa cornice, possono essere sviluppati sia la ricerca su processi, sia la ricerca su nuovi prodotti, perché le aziende non sarebbero più sole a confrontarsi con la concorrenza, ma è l'intero territorio che compete. In un'ottica di sempre maggiore cooperazione, distretti omogenei, anche se localizzati in Regioni diverse, potrebbero lanciare progetti di ricerca comune, aumentando la massa critica e le disponibilità finanziarie. Gli obiettivi di infrastrutture comuni potrebbero in tal caso diventare più ambiziosi: ad esempio potrebbero essere svolte ricerche che non si fermano alla gestione dello stoccaggio e del trattamento dei rifiuti, ma che prevedano anche l'implementazione di tecnologie per il recupero e la valorizzazione dei rifiuti stessi; oppure potrebbero essere avviati progetti finalizzati all'utilizzo delle nanotecnologie nei prodotti distrettuali, col risultato di elaborare innovazione di processo e prodotto contemporaneamente e il raggiungimento di notevoli riduzioni delle emissioni inquinanti.

Un percorso di rivitalizzazione dei distretti a partire dall'aspetto ambientale è delineato in uno studio recente¹²⁵ che ha messo in evidenza la necessità della massima cooperazione tra le aziende distrettuali, il bisogno di nuovi modelli di *governance* per i territori distrettuali, la necessità di superare la tradizionale chiusura dei distretti, sia investendo all'esterno secondo piani definiti che aiutino lo sviluppo del distretto e non ne mettano in pericolo la continuità, come può accadere per esempio delocalizzando solamente al fine di ottenere un facile

¹²⁴ Iraldo F., *Ambiente, impresa e distretti industriali*, Franco Angeli, Milano, 2002.

¹²⁵ D'Amico G., *Le isole della sostenibilità: rivitalizzare lo sviluppo dei sistemi territoriali*, tesi di laurea, Università Commerciale L. Bocconi, Milano, 2005.

guadagno a breve termine. Inoltre il territorio distrettuale deve essere reso appetibile per attirare investimenti dall'esterno.

Non si sottolineerà mai abbastanza l'importanza di stabilire per prima cosa la *governance* e un quadro strategico di riferimento, secondo il quale orientare tutti gli interventi, anche quelli ambientali. Da qui l'importanza di uno strumento come la Valutazione Ambientale Strategica (VAS), che aiuta a definire un quadro coerente di procedure per il controllo dell'elaborazione di politiche. Una volta definita la strategia distrettuale e le sue politiche all'interno della VAS, possono essere valutati con coerenza tutti i singoli piani di intervento. Così, ogni passo delle strategie delineate può essere realizzato tramite accordi tra le varie componenti che sono veri e propri accordi volontari locali.

In questa ottica, è la presenza o meno della strategia distrettuale che fa la differenza tra i distretti e la loro possibilità di sopravvivenza. Se un tempo bastava la presenza di infrastrutture distrettuali integrate per definire vitale un distretto, attualmente ciò non è più vero. Esistono distretti con importanti infrastrutture distrettuali che rientrano nella categoria dei distretti maturi, non in quella dei distretti dinamici, perché attualmente la loro spinta propulsiva risulta esaurita, e mancano di strategia distrettuale.

2.5 Il sistema di imprese nelle AEA

Le Aree Produttive Ecologicamente Attrezzate (APEA) o Aree Industriali Ecologicamente Attrezzate (AEA) non sono state studiate fino ad oggi come i distretti. In ogni caso le AEA avranno sicuramente dei vantaggi dall'elaborazione e realizzazione di politiche di sviluppo sostenibile, perché non possono che ricevere vantaggi da politiche che migliorano la qualità ambientale, aumentano la consapevolezza e la responsabilità dei propri dipendenti, migliorano la logistica con la quale le loro merci possono essere scambiate. Sicuramente le AEA, essendo relativamente più giovani rispetto ai distretti industriali sono meno radicate sul territorio e non godono del fatto di avere *network* sociali sviluppati come i distretti industriali; tuttavia, hanno il vantaggio, rispetto questi ultimi, di possedere un organismo che le governa. A questo proposito possono essere evidenziati i principali compiti del gestore dell'area:

- monitorare le prestazioni ambientali dell'area;
- coordinare l'attuazione di un programma ambientale di area, cioè un programma che preveda interventi mirati a raggiungere determinati obiettivi di miglioramento ambientale stabiliti per l'area stessa in relazione alle condizioni di partenza e dei requisiti di autorizzazione come AEA. La figura del gestore, all'interno di questo compito, potrebbe evolvere per assumere la responsabilità del rilascio delle autorizzazioni ambientali per l'area nel suo complesso.

Di seguito (tabella 2.1), per mettere ancora più in evidenza le possibilità sistemiche di una AEA, vengono riportate alcune delle necessità delle imprese e delle soluzioni infrastrutturali che è possibile ipotizzare.

Tabella 2.1: Necessità e soluzioni delle imprese di un'area ecologicamente attrezzata

Necessità e aspetti ambientali condivisi dalle imprese	Soluzioni impiantistiche/infrastrutturali comuni	Soluzioni gestionali comuni
Produzione di rifiuti e necessità di stoccaggio e conferimento al trattamento	Aree comuni di stoccaggio rifiuti presenza di impianti di smaltimento/recupero interni all'area	Servizi collettivi di raccolta rifiuti Borsa per il recupero dei rifiuti
Consumi energetici e necessità di approvvigionamento	Impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, da fonti "più pulite" e/o con maggiore efficienza	Gruppi di acquisto che possono incrementare il peso della richiesta di approvvigionamento di energia da fonti rinnovabili
	Reti/centri di distribuzione di combustibili/carburanti "più puliti"	
Produzione di cascami energetici	Impianti di recupero energetico e reti di distribuzione del calore recuperato	Gestione dei flussi termici
Consumi idrici e produzione di scarichi liquidi	Reticoli fognari separati (acque bianche, nere e tecniche)	Gestione dei flussi idrici
	Bacini di accumulo comuni	
	Sistemi di depurazione consortili e riciclo delle acque	
Traffico per arrivo e spedizione merci	Spazi comuni per carico e scarico	Organizzazione della logistica delle merci
	Infrastrutture per movimentazione merci alternativa a trasporto su gomma	
Traffico per spostamento delle persone	Infrastrutture per favorire modalità di spostamento alternative all'uso dell'auto privata	Organizzazione di sistemi di trasporto collettivo e/o di trasporto pubblico
	Sistemi di ristorazione collettiva nell'area	
Impatto acustico prodotto dagli impianti e dal traffico interno all'area verso aree limitrofe	Infrastrutture per il contenimento del rumore generato dall'area (barriere acustiche; asfalto fonoassorbente nelle reti viarie dell'area)	Manutenzione condivisa infrastrutture
Impatto sul paesaggio e l'ambiente naturale	Sistemi di mitigazione e compensazione (fasce verdi al perimetro; aree verdi interne all'area)	Manutenzione condivisa delle zone verdi
Eventi incidentali	Sistemi centralizzati di allarme	Gestione comune delle emergenze (condivisione personale e mezzi coinvolti nella gestione delle emergenze)

Fonte: Ervet, 2010

L'attuale situazione italiana delle AEA è riportata nella pubblicazione "Le aree produttive ecologicamente attrezzate in Italia: stato dell'arte e prospettive"¹²⁶ curata da ERVET e Rete Cartesio, un *network* promosso dalle Regioni Emilia-Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia, Sardegna e Toscana per sviluppare approcci sostenibili alla gestione del territorio.

In questo rapporto, basato sulle esperienze finora rilevate nelle Regioni Emilia-Romagna, Friuli, Liguria, Marche, Toscana e Piemonte, vengono riportati gli sviluppi normativi regionali e vengono analizzati in dettaglio 14 casi significativi localizzati nelle regioni citate.

In base a quanto riportato si deve rilevare la lentezza del processo di sviluppo delle AEA per motivi di complessità normativa e burocratica. Il rapporto è stato stilato sui progetti delle varie AEA, essendo i vari programmi d'area ancora in fase di progettazione. Alcune tendenze e problemi possono essere evidenziati:

- le normative regionali sulle AEA sono molte strutturate; ciò facilita la fase di pianificazione e progettazione, ma rende molto rigida la fase di realizzazione. Le AEA considerate nel rapporto sono di dimensioni molto diverse (da 4 ettari a 546 ettari); questo potrebbe rendere complicata l'applicazione di normative così specifiche a realtà e potenzialità tanto diverse. Potrebbe essere necessario rendere più flessibile la normativa per piccole AEA;
- le normative regionali pongono molta attenzione allo sviluppo di AEA localizzate su aree nuove, mentre la tendenza degli enti locali è quella di costituire AEA su zone industriali esistenti, ciò che comporta da una parte il risparmio di territorio, ma dall'altra AEA meno performanti dal punto di vista ambientale e probabilmente con costi più alti per le imprese;
- attualmente risulta che il ruolo del gestore (che in tutti i casi esaminati tranne uno è svolto da istituzioni pubbliche) non viene interpretato in modo estensivo: solo in un caso tra i quattordici esaminati il gestore assume il ruolo di *energy manager* e *waste manager*; ciò è sorprendente perché energia e rifiuti sono due ambiti dai quali potrebbero nascere i più importanti guadagni ambientali ed economici.

In definitiva l'esperienza italiana delle AEA è ancora in fase progettuale, ma si intravedono già rischi di burocratizzazione e poca aderenza alla realtà. È da rilevare che in oltre 10 anni di lavoro da parte delle Regioni, che hanno lavorato molto su linee guida e regolamenti, non sono stati ancora del tutto chiariti due aspetti, tra loro connessi, che possono determinare il successo o il fallimento delle AEA: da un lato in che modo rendere appetibile per un'impresa localizzarsi su un'area ecologicamente attrezzata, e dall'altro come rendere operativo il sistema di semplificazioni amministrative per le aziende localizzate sull'area. La Rete Cartesio propone, nel rapporto sopra menzionato, semplificazioni amministrative,

¹²⁶ AA.VV., *Le aree produttive ecologicamente attrezzate in Italia: stato dell'arte e prospettive*, ERVET, Bologna, 2010.

ma la materia deve essere ancora discussa e accettata dalle Regioni. Ci si scontra qui col problema degli incentivi, che è generale e fondamentale per le politiche di sviluppo sostenibile, dato il loro costo. È sperabile che questa materia venga al più presto chiarita, in modo da rendere lo strumento delle AEA operativo quanto prima.

Tutto considerato, l'AEA di più successo in Italia è il Macrolotto di Prato, che ha caratteristiche particolari. Esso nasce non dal decreto Bassanini, ma da una pianificazione comunale negli anni 70 del secolo scorso, che aveva creato una zona industriale col divieto di prelevare acque di falda, ciò che costrinse le aziende localizzate nell'area a costruire un impianto di riciclo centralizzato. Alla realizzazione di questo primo servizio comune, coronata da successo, ne sono seguite altre. Il Macrolotto viene gestito dal consorzio CONSER, di cui fanno parte tutte le imprese dell'area; l'esperienza del Macrolotto presenta significative differenze con le AEA derivanti dall'applicazione del decreto Bassanini. Il CONSER è in pratica il gestore dell'area, ma è un organismo privato, non pubblico a differenza dei gestori delle altre AEA, particolarmente vicino alle esigenze degli imprenditori; attualmente il CONSER gestisce il *water management*, l'*energy management*, e il *safety management*. Come dotazioni infrastrutturali il Macrolotto dispone dell'impianto di riciclo delle acque e di una rete di acquedotti lunga 12 km collegata a corsi d'acqua superficiale, di una rete antincendio di area, di una stazione dei Vigili del fuoco all'interno dell'area, di alcuni servizi centralizzati per le imprese o per il personale delle imprese (come ad esempio: farmacia, posta, lavanderia, asilo nido ecc.).

Il Macrolotto è un'area operativa da lungo tempo, che ottiene, tramite le strutture e i servizi centralizzati, risparmi connessi all'utilizzo dell'acqua di riciclo, all'eliminazione dei presidi antincendio aziendali, al pagamento di premi assicurativi ridotti, all'ottenimento di tariffe agevolate per l'energia derivante sia dalla costituzione di un gruppo di acquisto per energia elettrica e gas, sia dall'accesso al Conto Energia a costi ridotti e con procedure amministrative centralizzate molto veloci.

Un'altra differenza fondamentale tra il Macrolotto e le altre AEA consiste nel fatto che esso è praticamente una razionalizzazione urbanistica di un classico distretto italiano. Quest'area fa parte di un distretto di cui può sfruttare altri tipi di servizi pre-esistenti e la rete di *network* sociali. Si tratta di un'iniziativa costituita dal basso da industriali che hanno risolto in comune alcune loro esigenze, mentre il modello delle altre AEA prevede l'iniziativa regionale e di altri soggetti pubblici che finora si è soprattutto sviluppata a livello documentale e progettuale. In altre parole, l'approccio "*bottom up*" sembra aver avuto più successo dell'approccio "*top down*" previsto dalla Legge Bassanini, confermando quanto l'impegno e la forte motivazione degli *stakeholder* sia elemento essenziale per il raggiungimento del successo delle iniziative.

In ogni caso, i risultati pratici in termini ambientali delle AEA italiane, escluso il caso di Prato, potranno essere verificati solamente tra 4 o 5 anni, quando sarà a buon punto la realizzazione dei loro progetti.

Sia i distretti, sia le AEA possono rappresentare una buona base di partenza per le politiche di sviluppo sostenibile perché presentano elementi in comune con la teoria della sostenibilità; la grande ricchezza dei *network* sociali, nel caso dei distretti, il governo dell'area in una gestione comune rappresentano elementi necessari per lo sviluppo e la realizzazione di politiche di sostenibilità: i distretti italiani devono apprendere come disciplinare la loro grande vitalità con elementi di governo del territorio, mentre le AEA devono sviluppare i *network* sociali senza i quali non ci può essere sviluppo sostenibile.

A titolo indicativo nella tabella 2.2 viene riportato un confronto sintetico tra le AEA e i DI.

Tabella 2.2: Confronto tra i Distretti Industriali Italiani e le Aree Ecologicamente Attrezzate

Tipologia di sistemi produttivi/caratteristiche	Distretti Industriali Italiani	Aree Ecologicamente Attrezzate
Normativa di riferimento	Legge del 5 ottobre 1991 n°317 e successivo DM del 21 aprile 1993	Decreto Legislativo 112/98 "Bassanini" (art. 26)
Emanazione decreti attuativi	Regioni	Regioni
Periodo nascita	Fenomeni spontanei, molti antecedenti la Legge	Successivo alla Legge 1998
Approccio della formazione dell'agglomerato industriale	"Bottom-up" (le aziende si localizzano autonomamente sullo stesso territorio)	"Top-down" (ente locale sceglie zona per localizzare l'area)
Caratteristiche salienti	<ul style="list-style-type: none"> • Nr. addetti < 15-16 generalmente • Azioni migliorative prevalentemente basate su servizi in comune • Carenza di azioni di eco-innovazione a livello di distretto, diffusione di innovazione incrementale • Network socio-economici molto sviluppati 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi di gestione ambientale integrati • Organismo centrale governante • Difficoltà a sviluppare programmi di innovazione in comune, date le differenziazioni settoriali delle aziende
Stadio attuale	Maturità, in alcuni casi scarso dinamismo e bisogno di rivitalizzazione	Programmi d'area ancora in fase di progettazione e/o attuazione

Lo sviluppo sostenibile in un territorio rappresenta un processo continuo e dinamico che deve essere seguito per tempi molto lunghi poiché le problematiche da affrontare e risolvere sono soggette ad evoluzione nel tempo. Attuare politiche di sviluppo sostenibile pone altri problemi legati in primo luogo alla durata delle politiche, e in secondo luogo alla capacità di finanziarle. I tempi lunghi sono necessari per educare la popolazione ad un uso diverso delle risorse naturali e dei prodotti industriali, ma anche per dar modo alle imprese di ammortizzare i cambiamenti introdotti nel processo produttivo in seguito al lancio di politiche sostenibili. Per quanto riguarda la possibilità di finanziare queste politiche bisogna sottolineare che alcune iniziative possono essere a basso costo, mentre interventi strutturali richiedono grande disponibilità finanziaria. Dal punto di vista delle aziende la situazione è la stessa: alcune razionalizzazioni possono essere affrontate con esborsi limitati, mentre il passaggio significativo da una riduzione degli impatti ad una vera e propria condizione di sostenibilità viene determinato solamente con interventi di eco-innovazione. Questi interventi sono veri e propri salti tecnologici che cambiano il modo di fare industria, e non possono essere affrontati da aziende di piccole dimensioni senza un supporto esterno, perché presuppongono investimenti importanti per tempi lunghi e sono spesso il risultato di attività di ricerca. Nel caso di un distretto industriale italiano, in cui il 40-50% delle aziende sono generalmente mono-prodotto, è pensabile che le aziende, consorziate, possano finanziare almeno in parte questo tipo di studi, mentre il problema diventa quasi insormontabile per le AEA, in cui le aziende sono generalmente di tipo diverso e perciò hanno ognuna processi e problemi di tipo diverso.

Da questo punto di vista anche l'esperienza internazionale conferma questa difficoltà: paradigma della sostenibilità per zone industriali è il caso di Kalundborg, una zona industriale danese nella quale si sono realizzati eclatanti esempi di simbiosi industriale: sulla scia di questa esperienza sono nati gli *Environmental Industrial Park* (EIP) che dagli USA si sono diffusi in molti paesi. La letteratura riporta una serie di analisi dei risultati raggiunti dagli EIP in cui viene messo in evidenza che non si riesce ad andare oltre una gestione comune dei servizi, e che in ogni caso si è lontani da iniziative sostenibili^{127, 128, 129}. Bisogna anche tener presente che negli USA la scelta della collocazione delle aziende degli EIP viene fatta sulla base di considerazioni di filiera, in modo da posizionarsi al meglio per un eventuale riutilizzo dei rifiuti prodotti dalle aziende in altre aziende del parco. Anche in queste condizioni e pur in presenza di aziende notevolmente più grandi e più potenti finanziariamente di quelle italiane, non si può dire che si

¹²⁷ Gibbs D., Deutz P., Proctor A., "Industrial Ecology and eco-industrial development: a potential paradigm for local and regional development", in *Regional Studies*, Vol. 39, n. 2, pp 171-183, 2005.

¹²⁸ Gibbs D., Deutz P., "Implementing Industrial Ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA", in *Geoforum*, Vol. 36 n. 4, pp 452-464, 2005.

¹²⁹ Van Leeuwen M. G., Vermeulen W., Glasbergen P., "Planning eco-industrial parks: an analysis of Dutch planning methods", in *Business Strategy and the Environment*, Vol 12, n. 3, pp 147-162, 2003.

arrivi alla realizzazione di politiche aziendali o territoriali sostenibili. Negli EIP mancano i *network* che fanno la forza dei distretti italiani, col risultato che molto spesso i rapporti tra le imprese sono pessimi e ciò alla lunga mina anche le collaborazioni che nel caso degli EIP sono basate su accordi contrattuali tra privati.

In realtà Kalundborg presenta alcune caratteristiche di un DII¹³⁰, mentre i suoi imitatori trascurano queste particolarità e ritengono che la contiguità delle imprese e l'uso di servizi in comune siano fattori sufficienti a ottenere sostenibilità. Ancora una volta si evidenzia che nel caso di politiche di sostenibilità l'accento deve essere posto in primo luogo sull'inclusione, la partecipazione, l'educazione dei soggetti coinvolti.

Nei prossimi paragrafi verranno riportate metodologie di intervento che valorizzano soprattutto questi aspetti.

2.6 Modalità di intervento: l'Agenda 21

L'Agenda 21 rappresenta una metodologia molto adatta a elaborare e realizzare politiche di sostenibilità; essa può essere applicata localmente e i suoi elementi chiave possono essere riassunti in cinque punti:

- realizzare un coinvolgimento multi-settoriale nel processo di pianificazione attraverso un gruppo di *stakeholder* locali, in grado di agire come entità di coordinamento nella preparazione di un piano d'azione sostenibile di lungo periodo, e quindi, in grado di delineare una politica;
- realizzare consultazioni con tutti i gruppi appartenenti alla comunità, come organizzazioni non governative, imprese e associazioni commerciali, chiese, agenzie governative, gruppi professionali ecc., in modo da creare una visione condivisa, e individuare così le priorità che guidino l'azione;
- valutare (in modo partecipativo) le condizioni e i bisogni locali di tipo economico, sociale e ambientale;
- fissare (in modo partecipativo) i target tramite una negoziazione fra gli *stakeholder* chiave al fine di realizzare la visione e gli obiettivi definiti nel piano d'azione;
- monitorare l'azione tramite indicatori locali e definire procedure per la realizzazione di report che permettano a tutti i partecipanti di evidenziare i progressi e il contributo di ciascuno al piano d'azione.

I processi dell'Agenda 21 Locale possono essere intesi, infine, come modalità d'azione in grado di realizzare un cambiamento culturale ambientale, e tramite esso, una cultura dello sviluppo sostenibile per le comunità locali. Essi

¹³⁰ D'Amico F., Buleandra M. M., Velardi M., Tanase I., "Industrial ecology as 'best available technique': a case study of the Italian industrial district of Murano", in *Progress in Industrial Ecology*, Vol. 4, nn. 3/4, pp 268-287, 2007.

rappresentano la cornice stessa di un eventuale processo di pianificazione strategica per la realizzazione della sostenibilità. La multi-settorialità e l'integrazione dei bisogni sociali, ambientali ed economici, possono generare la mobilitazione di tutte le forze presenti sul territorio.

2.7 Il marketing territoriale

Nell'ambito della ricerca degli strumenti e delle metodologie sperimentate nei percorsi di sostenibilità, bisogna citare il *marketing* territoriale. Si tratta di una metodologia che concorre a costruire localmente le condizioni per garantire la massima efficacia degli interventi di sostenibilità.

Il *marketing* territoriale ha la caratteristica di "aprire" il sistema industriale, (il distretto o la zona industriale); esso si basa sul fatto che, in uno scenario come quello attuale, caratterizzato da riorganizzazione e ri-localizzazione, la competitività non si gioca tanto a livello di singole imprese quanto a livello di territori. Tra gli interventi da scegliere ci sono quelli che aumentano l'efficienza del sistema, per esempio, nel caso del credito si deve privilegiare la localizzazione di banche che forniscono servizi a più basso costo. A livello produttivo il sistema deve essere pronto a investire all'esterno del territorio, purché ciò non si configuri come una sterile delocalizzazione per ricercare esclusivi vantaggi di costo. Un simile approccio deve integrare e completare un percorso di sviluppo sostenibile per arrivare ad una completa rivitalizzazione dei territori industriali.

I fattori che su scala sub-nazionale sono importanti nel caso di un *marketing* territoriale possono essere suddivisi in:

- "*hardware*", cioè i fattori di localizzazione materiali, come l'accessibilità, le modalità di funzionamento del mercato del lavoro, la qualità delle risorse umane, l'efficienza della pubblica amministrazione, la qualità dei servizi;
- "*software*", cioè l'insieme di quei fattori legati alla qualità della vita e, quindi in qualche modo intangibili, quali la qualità ambientale e insediativa e la coesione sociale.

Il *marketing* territoriale può allora definirsi come la politica di organizzazione intenzionale dell'offerta (infrastrutture, vantaggi e incentivi economici, ospitalità e permeabilità sociale, stabilità istituzionale), con l'obiettivo di attrarre investimenti e sostenere lo sviluppo locale.

L'obiettivo finale di un qualunque piano di *marketing* territoriale risulta essere la valorizzazione del territorio. In questo senso, il *marketing* territoriale non è né un nuovo modo di chiamare la politica di sviluppo locale, né una modalità "moderna" per realizzare la pianificazione degli spazi nelle aree urbane¹³¹. Il *marketing* territoriale assume una doppia valenza: esso diviene una manifestazione

¹³¹ Caroli G. M., *Il marketing territoriale*, FrancoAngeli, Milano, 1999.

dell'approccio strategico alla gestione di un territorio, e una funzione operativa. Dal punto di vista strategico il *marketing* del territorio è finalizzato a:

- comprendere opportunità competitive del territorio;
- ideare un orientamento strategico di sistema;
- stimolare l'attuazione e realizzare interventi per implementare tale orientamento;
- ricercare e promuovere finanziamenti delle attività di sviluppo.

Il *marketing* territoriale operativo deve:

- creare le condizioni per la migliore fruizione del territorio (interventi sulle componenti tangibili e intangibili del territorio, assistenza agli investitori durante e dopo l'insediamento nel territorio),
- comunicare i fattori di attrattività del territorio (rafforzamento e diffusione della percezione del posizionamento, pubblicità e promozione delle opportunità di fruizione del territorio).

Un approccio di *marketing* territoriale necessita della costruzione di un piano strategico, il quale richiede un'analisi del contesto generale, dei limiti e delle opportunità che caratterizzano un territorio; richiede, inoltre, lo svolgimento di un'attività di selezione degli obiettivi, l'individuazione dei *target* di riferimento, l'ampio coinvolgimento dei soggetti locali. Di seguito vengono analizzati questi fattori più in dettaglio:

- **Analisi della realtà territoriale.** Possono essere suddivise in due categorie principali:
 1. ***l'analisi esterna:*** essa deve realizzare una visione globale del contesto d'azione. È importante, quindi:
 - realizzare l'analisi della situazione attuale, delle modificazioni e delle tendenze in essere a livello regionale, nazionale, internazionale, della situazione di altre comunità similari;
 - individuare gli elementi generali che sfuggono alla possibilità di controllo degli attori, ma incidono sulla definizione delle prospettive del territorio.
 2. ***l'analisi interna:*** per individuare il posizionamento del territorio in ambito regionale, nazionale e internazionale e i punti di forza e di debolezza del sistema economico locale, con particolare riguardo alle relazioni con i temi considerati strategici.

In pratica, l'analisi esterna identifica i temi fondamentali e le principali opportunità offerte dalla situazione generale, mentre l'analisi interna evidenzia i punti di forza e di debolezza rispetto al raggiungimento dei primi.

- **Individuazione degli obiettivi e definizione delle linee d'azione.** Dopo aver considerato la fase di analisi, è necessario definire che una strategia di *marketing* territoriale di successo che deve puntare all'individuazione di un

numero limitato di segmenti di mercato e di un target selezionato di utenti da raggiungere. Si dovranno, poi, individuare le specifiche azioni che identificano le modalità con cui raggiungere gli obiettivi. Si tratta, generalmente, di sviluppare più strategie e, a tal fine, risulta fondamentale la scelta dei criteri per l'individuazione delle priorità nell'attuazione di tali strategie. La fase si conclude con la realizzazione di un piano dettagliato che raccolga e documenti le analisi realizzate, gli obiettivi, le strategie che si vogliono implementare.

- **Coinvolgimento dei soggetti locali.** A livello locale, diviene una condizione fondamentale la realizzazione di una trama relazionale a vari livelli: quello della struttura produttiva, della pubblica amministrazione, dei servizi, delle relazioni fiduciarie, creando una interconnessione attiva tra i vari *stakeholder* locali potenzialmente interessati.

Per gestire in modo efficace le fasi di costruzione del piano, è necessario un soggetto che sia in grado di esercitare le fondamentali funzioni di coordinamento; in particolare, è possibile che il soggetto si configuri secondo due modalità distinte e complementari:

- come *authority*, che inglobi al suo interno (per particolari tematiche) tutte le competenze degli enti istituzionali implicati;
- come libera collaborazione intercomunale o intergovernativa.

Per quanto riguarda la gamma di azioni e strumenti a sostegno degli interventi di *marketing* territoriale, si possono ricomprendere:

- strumenti per incentivare la localizzazione delle imprese;
- organizzazione di grandi eventi e infrastrutture di richiamo;
- accesso alle risorse comunitarie e nazionali;
- comunicazione interna al territorio;
- comunicazione esterna al territorio.

Sono evidenti i punti di contatto di un'azione di *marketing* territoriale e un'azione di sviluppo sostenibile, per esempio impostata secondo i principi dell'Agenda 21 Locale.

I due strumenti non sono però intercambiabili e vanno intesi come strumenti tra loro complementari.

Tra i due approcci esiste la coincidenza della capacità di formazione e sostegno dei *network*, ma la differenza tra i due è che i *network* creati in ambito *marketing* territoriale dovrebbero essere più orientati verso l'esterno. In altre parole, se un intervento di sostenibilità attraverso l'Agenda 21 può essere pensato e realizzato anche in condizioni di auto consistenza territoriale, di isolamento del sistema (ciò che è la condizione di partenza di molti dei nostri distretti), quando l'economia è in condizioni di sviluppo un intervento di *marketing* territoriale deve sempre garantire l'apertura all'esterno del sistema territoriale.

Non è neanche possibile sostituire l'uso del solo *marketing* all'uso combinato dei

due strumenti, in quanto le operazioni di *marketing* territoriale non coincidono necessariamente con percorsi di costruzione della sostenibilità. In effetti, un territorio può essere pubblicizzato o “venduto”, anche in virtù di ragioni del tutto opposte a quelle considerate nello sviluppo sostenibile. A tale riguardo, sono sempre più note le potenzialità di alcuni paesi in via di sviluppo nell’attrarre investimenti sfruttando ampiamente l’esistenza di tipologie di *dumping* sociale e ambientale.

Se non esistono approcci particolari, e strumenti dedicati alla ricerca della sostenibilità, qualsiasi azione di *marketing* territoriale, anche ben condotta, potrà portare al massimo a condizioni ambientali accettabili, ma nulla di più: ciò è cosa ben diversa che realizzare condizioni di sostenibilità.

Gli strumenti che vengono utilizzati generalmente nella realizzazione di interventi di *marketing* territoriale, come ad esempio gli incentivi, l’organizzazione di eventi, la semplificazione burocratica, sembrano più orientati a trasporre a livello di territorio ciò che viene normalmente utilizzato nelle comunicazioni di impresa, piuttosto che a cambiare radicalmente la situazione esistente.

2.8 Proposta di un modello di sviluppo sostenibile del territorio industrializzato

Al fine di esplicitare sempre più con quali percorsi una politica di sostenibilità può essere attuata, in questo paragrafo si intende presentare una proposta di un modello di sviluppo sostenibile del territorio industrializzato applicabile a diversi contesti territoriali. Vengono elencati di seguito alcuni elementi che si ritengono necessari per realizzare, nell’attuale contesto, percorsi di sviluppo sostenibile del territorio industrializzato. Tali elementi, che possono essere applicati sia nel caso dei DII sia nel caso delle AEA, non derivano solamente da quanto suggerito da documenti teorici, ma anche da quanto è stato attuato da ENEA in alcuni interventi territoriali, e possono essere ritenuti gli elementi di un modello ENEA di intervento per applicare percorsi di sostenibilità a territori industriali. In questo modello, all’approccio *marketing* territoriale descritto nel precedente paragrafo viene attribuito solamente il compito di aprire il distretto verso l’esterno per poter mettere in grado la comunità locale di cogliere tutte le opportunità date dalla relazione tra locale e globale, tra tradizione e innovazione.

Attivazione, partecipazione, coinvolgimento. È necessario poter realizzare la massima attivazione di tutte le forze presenti sul territorio. Le numerose ricerche riguardo la tipica modalità tramite la quale le PMI situate in un distretto industriale superano le loro carenze caratteristiche, realizzando varie tipologie di *networking*, dimostrano ampiamente come il modello distrettuale sia potenzialmente in grado di realizzare una tale attivazione. L’incremento, a ogni livello, dei *network* (formali o informali) deve accompagnarsi ad una profonda condivisione della visione attuale e futura del territorio. L’attivazione di tutte le forze sociali presenti sul territorio distrettuale non può, evidentemente,

sostanzarsi esclusivamente in un'attività di semplice comunicazione. Le forze territoriali devono intraprendere un vero e proprio percorso di *sense making* del territorio e delle attività che su di esso si svolgono. Per poter individuare un percorso di lungo periodo, è necessario considerare ogni aspetto della dimensione locale della sostenibilità fin dai primi passi dell'elaborazione di un piano d'azione per il cambiamento del sistema territoriale. Tutto ciò deve condurre alla nascita di un vero e proprio patto di sostenibilità in cui tutti gli attori territoriali si sentano coinvolti.

La dimensione scientifica-tecnologica e la multisettorialità del cambiamento.

Il cambiamento della struttura del territorio sul quale il distretto insiste (e quindi della struttura dello stesso distretto) deve essere finalizzato alla realizzazione di percorsi di sviluppo sostenibile. L'approccio ENEA alla sostenibilità parte dall'analisi e dal miglioramento della situazione ambientale del territorio e delle imprese distrettuali. Tali interventi vanno condotti secondo un approccio euristico, inseguendo attivamente la realizzazione di soluzioni tecnologiche innovative che possano scaturire dalla partecipazione e dal coinvolgimento di ogni forza presente sul territorio. Le università, gli istituti di ricerca, le imprese, i servizi, l'agricoltura, tutti gli elementi potenzialmente attivi presenti sul territorio possono e devono attivarsi nella produzione e diffusione dell'innovazione tecnologica. Nella situazione attuale, l'innovazione è un presupposto essenziale dello sviluppo. In tale ottica risultano fondamentali, quindi, modalità miste di finanziamento delle attività di ricerca. Importante, ancora, la capacità di reperire i fondi soprattutto a livello europeo.

L'identificazione delle competenze presenti sul territorio. Tale aspetto diviene essenziale per poter identificare i possibili percorsi di sviluppo e soprattutto la realizzazione di una coerente politica della conoscenza.

La quantificazione dell'analisi e la disponibilità di strumenti di gestione e simulazione per il supporto alle decisioni (DSS – *Decision Support System*).

Gli interventi di sostenibilità devono essere condotti realizzando una ristrutturazione dell'informazione territoriale. Tale ristrutturazione deve alimentare la creazione di indicatori sintetici e strumenti di sviluppo sostenibile che possano essere in grado di monitorare l'evoluzione della situazione e permettano di realizzare simulazioni sul futuro del sistema territoriale. Questa ristrutturazione dell'informazione permette la semplificazione delle procedure, purché sia accompagnata da una responsabilizzazione degli operatori a ogni livello.

L'apertura del sistema verso l'esterno. Il sistema distrettuale (territoriale) deve essere in grado di aprirsi verso l'esterno. Tale apertura è da intendersi sia riguardo alla possibilità di inserirsi nelle reti internazionali della conoscenza, sia in una maggiore integrazione del sistema con i livelli sovraordinati. Nella realizzazione di questo obiettivo, il *marketing* territoriale si qualifica come una componente essenziale del processo di costruzione della sostenibilità per il sistema locale, come pure nel realizzare un'eventuale valorizzazione dell'intervento.

2.9 L'evoluzione dei distretti

La descrizione del distretto finora adottata corrisponde a un modello che fino a circa 10 anni fa era aderente alla realtà dei distretti italiani. Nel corso degli ultimi anni, alcuni problemi sono stati sempre più evidenziati, soprattutto per ciò che riguarda la necessità dei distretti di risultare più innovativi, e la necessità dei distretti di essere più integrati con servizi di alto livello tecnico, come per es. laboratori di certificazione, che non sempre sono localizzati nel territorio distrettuale. Ciò ha determinato la necessità di inserire questi servizi e centri di ricerca nel territorio dei distretti. In pratica, soprattutto a livello regionale si è cominciato a pensare a una modifica del territorio distrettuale, risultante dal metodo ISTAT. Le nuove configurazioni spaziali dei distretti, derivanti da questa operazione, sono stati definiti "meta distretti"¹³². Il territorio dei meta distretti risulta notevolmente più ampio di quello distrettuale classico e in alcuni casi coincidente con quello regionale, così come avviene nel meta distretto lombardo della moda o in quello laziale dell'aerospazio. Naturalmente alla creazione dei meta distretti devono poi corrispondere forme più raffinate di coordinamento tra i vari attori, affinché questa trasformazione territoriale porti ad un valore aggiunto. Ciò che importa qui è mettere in evidenza come la definizione classica di distretti produttivi mal si adatta a una realtà come quella attuale caratterizzata da competizione globale. La crisi del 2008-2009 ha accentuato questa tendenza. Il II Rapporto dell'Osservatorio Nazionale dei Distretti Italiani descrive molto bene la situazione che si è creata in seguito alla crisi e le strategie utilizzate dalle aziende distrettuali per farvi fronte.

L'attuale crisi ha colpito le aziende distrettuali più delle aziende non distrettuali¹³³, avendole trovate in una fase di profonde trasformazioni ed esposte sui mercati che più hanno risentito dalla crisi. Le tendenze, al deflagrare della crisi, erano di una perdita di importanza per le imprese marginali, e di un aumento di addetti e di fatturato per le aziende più dinamiche. Le strategie dei distretti di fronte alla crisi variano dal tentare una diversa organizzazione di impresa all'allentamento dei legami tra imprese. Sono in particolare le aziende *leader* nei vari territori a trainare il distretto cercando soprattutto competenze strategiche esterne al territorio. In alcuni casi queste imprese ricercano opportunità in aree complementari a quelle di specializzazione distrettuale, e hanno in alcuni casi sostenuto aziende più deboli per poter preservare flessibilità del territorio e qualità della produzione¹³⁴. Queste aziende hanno attuato azioni che le hanno maggiormente proiettate verso i mercati esteri, riuscendo così a

¹³² Creti A., Bettoni G., *Dai distretti ai meta distretti: una definizione*, Liuc papers, n. 96, Serie Economia e Istituzioni 3, novembre 2001.

¹³³ G. Iuzzolino., G. Micucci, "Le recenti trasformazioni nei distretti industriali italiani", in *Il Rapporto Osservatorio Nazionale Distretti Italiani*.

¹³⁴ CENSIS, "Il modello fluido e inesauribile dei distretti italiani", in *Il Rapporto Osservatorio Nazionale dei Distretti Italiani*.

ridurre il divario che si era creato nella fase acuta della crisi tra imprese distrettuali e non distrettuali. In definitiva il sistema tiene, anche se in alcuni casi sono visibili variazioni dal modello. Le imprese distrettuali hanno ancora i principali fornitori che risiedono nel distretto (32%), ma percentuali significative di imprese hanno fornitori che risiedono fuori distretto ma nella stessa regione di localizzazione (31%), mentre il 27% si serve da imprese di altri distretti italiani non residenti nella regione di localizzazione e il 5% ha i principali fornitori che risiedono all'estero¹³⁵. Reti lunghe (con propaggini all'estero) e reti corte convivono, mentre è cambiato l'atteggiamento nella valutazione dei fornitori; sempre più spesso nella valutazione del fornitore vengono considerate non solo il prezzo, ma la qualità del prodotto fornito, l'affidabilità nelle consegne, la capacità di progettare e apportare miglioramenti ai prodotti. In pratica tutto il sistema sta muovendo verso la qualità. A questo bisogno di aprirsi del distretto, corrisponde però ancora un forte legame tra impresa e territorio. Il territorio è il mezzo su cui far passare le nuove forme di collaborazione, dai consorzi acquisti ai consorzi per l'*export*, dalla sperimentazione e ricerca comune di innovazione alle piattaforme logistiche e ambientali. La Legge 33/2009 incentiva nuove forme di reti, che possono nascere ovunque, ma è ritenuto più prudente che questa sperimentazione parta da aziende già coese, ciò che aumenta in questa fase il valore dell'agglomerazione territoriale. Comunque la tendenza all'apertura del distretto è in atto, perché aumentano le collaborazioni tra distretti dello stesso tipo e tra distretti di diverse specializzazioni.

Questo tipo di atteggiamento ha portato a un parziale recupero nel 2010 delle esportazioni dei distretti, facilitato anche dal fatto che sono stati aggrediti mercati finora un po' trascurati, come la Cina e il Messico. In tabella 2.3 vengono riportati i risultati delle esportazioni dei principali 101 distretti relativi all'anno 2010. Le variazioni percentuali sembrano buone, ma bisogna considerare la caduta delle esportazioni e del fatturato dell'anno 2009, finora il peggiore della crisi. La tendenza all'aumento è continuata nel 2011, tanto da provocare reazioni un po' enfatiche, come quelle riportate recentemente in un articolo del *Corriere della Sera*¹³⁶, di cui nel box 2.1 viene riportato un sommario.

In realtà non è sicuro che questa tendenza al recupero delle esportazioni continui, perché le imprese potrebbero cominciare a scontare gli effetti della crisi dei debiti sovrani dell'estate 2011.

¹³⁵ Ibidem.

¹³⁶ De Vico D., "Più innovazione e marketing, corrono i distretti italiani", in *Corriere della Sera*, 16.9.2011.

Tabella 2.3: Fatturato export e variazione percentuale sull'anno precedente per i 101 maggiori distretti nel 2010 (Milioni di €, %)

	Nord Ovest		Nord Est		Centro		Sud Isole		Totale	
	2010	Var %	2010	Var %	2010	Var %	2010	Var %	2010	Var %
Abbigliamento-moda	5352,6	12,9	9516,4	9,9	8334,9	17,9	375,1	32,0	23578,9	13,6
Arredo casa	1482,0	8,8	5098,4	5,4	729,1	9,6	451,8	1,2	7761,8	6,2
Automazione-meccanica	9541,8	18,2	8909,1	16,6	1490,2	9,8	0,0	0,0%	19941,2	16,8
Alimentari-vini	1673,6	10,0	2496,8	10,3	766,8	12,6	863,8	-10,9	5801,1	6,7
High Tech	2682,4	13,2	1792,7	17,8	1863,0	6,4	253,8	25,8	6592,0	12,8
Totale	20732,4	14,7	27813,9	11,6	13184,0	14,4	1944,6	2,3%	63674,8	12,9

Fonte: Fondazione Edison, "L'analisi dell'export italiano e la sua dinamica congiunturale", in 1° Rapporto Osservatorio nazionale dei distretti italiani

Box 2.1: La vitalità dei distretti

Anche in una fase economica molto difficile come quella che si sta sviluppando dal 2008, i distretti italiani mostrano la loro vitalità.

Secondo i dati di Intesa S. Paolo relativi al secondo trimestre 2011, il risultato delle esportazioni sale del 12,9%: i distretti italiani stanno recuperando quanto perso nel 2008 e da 5 trimestri crescono nelle esportazioni di oltre il 10%, superando nel trimestre Aprile-Giugno 2011 l'incremento delle esportazioni dell'industria tedesca, 12,9 contro 10,6%.

Dalla crisi del 2008 i distretti italiani hanno recuperato quanto perso e hanno anche incrementato le vendite su mercati nuovi.

I settori più attivi sono stati quelli legati al sistema moda (Firenze, Empoli, Arezzo, Biella, Fermo e la riviera del Brenta), e la meccanica (Lecco, Bologna, Vicenza, Brescia). Questi distretti hanno realizzato incrementi del 25%.

L'agroalimentare ha ottenuto un incremento più ridotto, ma significativo, dell'8,8%.

La crisi dell'immobiliare in tutti i paesi esteri sta frenando invece l'arredamento e gli elettrodomestici.

I paesi verso cui l'incremento delle esportazioni è più significativo sono Germania e Cina. In questo ultimo paese le vendite del secondo trimestre 2010 erano ammontate a 483 milioni di €, mentre quelle del secondo trimestre 2011 hanno raggiunto quota 606, con un incremento di circa il 25%, mentre in Germania l'incremento relativo allo stesso periodo è stato del 17,7%.

Da diverse indagini condotte sia su base regionale, sia dalla Banca d'Italia, risulta che i distretti hanno reagito alla crisi nel modo più giusto, incrementando la qualità dei prodotti, l'innovazione e sviluppando il marketing.

Estratto dal Corriere della Sera del 16/9/2011 - D. De Vico "Più innovazione e marketing, corrono i distretti italiani"

La cosa più interessante della reazione alla crisi dei distretti e della loro evoluzione è l'attenzione posta ai temi ambientali. Il II Rapporto già citato porta l'esempio di 5 distretti¹³⁷, ma altri se ne potrebbero portare. I 5 distretti vengono elencati di seguito con un breve sommario di alcune loro iniziative ambientali.

Distretto di San Daniele

Nel distretto, oltre a politiche territoriali ambientali, è stata realizzata un'innovazione di processo per il recupero del sale e delle soluzioni saline, che in gran quantità vengono utilizzate nella preparazione dei prosciutti. Il sale recuperato viene utilizzato sulle strade per prevenire la formazione del ghiaccio, e sono in corso studi per poterlo utilizzare in altri distretti che utilizzano il sale nel loro processo produttivo. Questa innovazione è trasferibile in altri distretti e fabbriche produttrici di prosciutti. L'altro problema tipico del distretto, la produzione di carniccio come sottoprodotto della lavorazione principale, è stato avviato a soluzione usando i residui come base di alimenti per animali.

Distretto della carta di Frosinone

Le aziende più grandi del distretto si sono dotate di impianti di cogenerazione ottenendo risparmi tra il 10 e il 15%. Adesso è in corso la diffusione di impianti di cogenerazione nelle aziende più piccole. Sono in corso, inoltre, 3 progetti che prevedono la progettazione e la costruzione di un gassificatore a letto fluido che utilizza i rifiuti della cartiera e che eliminerà la posa in discarica dei fanghi di depurazione.

Inoltre, è in corso di realizzazione un sistema di monitoraggio e controllo sull'intero ciclo di lavorazione. Si arriverà ad un modello di analisi innovativo, condotto in comune dal distretto e da università locali, al fine di gestire tutte le tematiche ambientali ed energetiche per impostare strategie finalizzate al miglioramento ambientale delle aziende e del distretto nel suo insieme.

Il distretto punta, inoltre, a ottenere la certificazione EMAS.

Distretto della ceramica di Sassuolo

Il distretto di Sassuolo riutilizza nel ciclo produttivo tutti gli scarti di lavorazione e riutilizza le acque di processo con conseguente riduzione degli scarichi acquosi inquinati, con grande risparmio di consumo di acqua (70%). Grazie alla diffusione di sistemi di cogenerazione negli stabilimenti, le aziende producono il 27% dell'energia che serve al distretto. Attualmente, la produzione di CO₂ è uguale a quella degli anni 80, quando la produzione era la metà di quella attuale, grazie alla politica di efficienza energetica realizzata. Tutti gli stabilimenti sono dotati di impianti di depurazione dei gas caldi emessi e la produzione di inquinanti aeriformi è molto bassa. Inoltre, grandi investimenti sono stati dedicati dal distretto all'innovazione di prodotto e all'ottenimento anche di brevetti. Materiali

¹³⁷ Unioncamere-Fondazione Symbola, "Le politiche ambientali di 5 distretti italiani: 5 esperienze a confronto", in *Il Rapporto Osservatorio Nazionale dei Distretti Italiani*.

di scarto e nano materiali sono stati utilizzati per produrre nuovi tipi di ceramiche che possono avere di volta in volta azione battericida, azione fotovoltaica e azione di isolante termico. Questo tipo di brevetti sarà in grado di dare al distretto vantaggi competitivi difficilmente colmabili dalla concorrenza. Inoltre, il distretto ha iniziato un'azione per ottimizzare il flusso dei materiali in ingresso e in uscita e il flusso dei dipendenti con conseguenti risparmi energetici.

Distretto di Santa Croce sull'Arno

Il primo depuratore consortile delle acque risale agli anni 50. Attualmente il sistema di depurazione delle acque è molto efficiente, arrivando al 99% di abbattimento di inquinanti e una produzione di fanghi per metro cubo di acqua trattata che nel 2008 è stata ridotta del 60% rispetto al dato 1995. Questo risultato è stato raggiunto utilizzando un modulo di trattamento biologico al posto del precedente modulo chimico-fisico con conseguente risparmio di prodotti chimici. Inoltre, i fanghi prodotti sono trasformati in materiali utili nell'industria edilizia. L'80% dei sottoprodotti di lavorazione sono riutilizzati o nel processo conciario o in altri settori.

Distretto del mobile di Livenza

Il distretto è impegnato da anni nella riduzione dell'inquinamento e nell'ottimizzazione dell'uso delle risorse. È il primo distretto ad aver ottenuto in Italia l'attestato EMAS per ambito produttivo omogeneo (APO). Il distretto vuole adottare una politica integrata di prodotto (IPP) da realizzare con un accordo di programma, analogamente a quanto realizzato per la certificazione EMAS. Il fine è quello di ottenere un marchio ambientale di qualità di prodotto (attualmente non esistente in Italia) da poter riprodurre anche per altri settori produttivi. Con un simile marchio risulterebbe evidente il legame tra tutela ambientale e riconoscibilità del prodotto.

Quanto descritto non è esaustivo riguardo le iniziative che i cinque distretti stanno assumendo per innovare i processi e i prodotti, ottimizzare l'uso delle risorse e ottenere vantaggi competitivi sulla concorrenza internazionale. Né è il caso qui di enunciare iniziative ambientali che altri distretti stanno perseguendo. Se teniamo conto del fatto che il 25% degli imprenditori distrettuali ha affermato di voler, nei prossimi anni, creare prodotti totalmente nuovi e adottare tecnologie eco-compatibili¹³⁸, è evidente che potremmo essere di fronte ad un cambiamento profondo dell'impresa distrettuale, non più attenta solamente ai costi produttivi, ma spinta dalle circostanze esterne a ricercare qualità.

Si tratta di tendenze in alcuni casi, come nei distretti citati, in atto da tempo, e che stanno imponendosi adesso all'attenzione per i risultati raggiunti. Però il tipo di

¹³⁸ CENSIS, "Il modello fluido ed inesauribile dei distretti italiani", in *Il Rapporto Osservatorio Nazionale dei Distretti Italiani*.

reazione che sempre più imprese stanno impostando dimostra un'attenzione a fattori finora trascurati, come l'innovazione di processo e prodotto, la cura del *marketing*, la ricerca della qualità anche al di fuori del territorio di riferimento. Se a questo si aggiunge che il sistema delle Camere di Commercio in molti distretti sta assumendo un ruolo di coordinatore della *governance*, si può affermare che le aziende in cui queste tendenze si notano stanno seguendo una strategia di individuazione e recupero dei temi su cui le aziende distrettuali finora mostravano debolezza.

Elementi come l'instaurazione di una *governance* distrettuale, l'apertura del distretto, la multisettorialità degli interventi, l'attenzione alla qualità ambientale come strumento principe per rivitalizzare e far acquisire competitività al distretto, che caratterizzavano quella proposta, sono gli elementi perseguiti dalle aziende più dinamiche. Ciò dimostra la plausibilità di quel modello, ma anche l'inevitabilità del percorso che dovrà essere seguito nei prossimi anni, se la situazione economica non renderà molto difficili gli investimenti. È un cammino verso la sostenibilità in cui esiste purtroppo un solo elemento ancora negativo, che è quello dell'occupazione; il recupero in atto non riesce a riportare l'occupazione a livelli pre-crisi. Questo rende meno brillante il bilancio di sostenibilità anche dove i fatturati vengono recuperati e l'ambiente migliorato. Questo fattore, unito alla ricerca che si sta manifestando di nuove figure professionali¹³⁹, potrà essere migliorato col tempo e solamente se si supererà, a livello centrale o locale, l'attuale sistema di ammortizzatori sociali. Per ottenere questo, cioè per riqualificare il personale e aumentarne l'occupazione, ci sarà probabilmente bisogno di proseguire ancora sul recupero del fatturato.

La situazione economica venutasi a creare nel 2008/2009 ha spinto molte imprese a guardare con grande interesse l'opportunità di "aggregarsi" per essere più forti sul mercato. Le Reti di Imprese, in alternativa ai distretti, rappresentano una modalità innovativa di aggregazione di imprese che non presentano alcun legame con il territorio e collaborano a distanza.

Esistono numerosi esempi di reti di imprese sul territorio italiano, tuttavia l'iniziativa sicuramente più rilevante nel settore delle reti di imprese è rappresentata dalla recente costituzione di una rete di imprese europee (*Europe Enterprise Network*), coordinata dalla DG Impresa e Industria della CE, volta a incentivare la collaborazione e la messa a sistema di PMI operanti in settori comuni in diversi paesi europei. Le reti di imprese dovrebbe agevolare le attività di innovazione e favorire la competitività non solo sul territorio ma anche a livello europeo e mondiale. Una descrizione del *network* è riportata nel box 2.2.

¹³⁹ Ibidem.

Box 2.2: L'Enterprise Europe Network – Una iniziativa europea

La rete “*Enterprise Europe Network*” è attiva dal 1 gennaio 2008 ed è stata creata dalla Commissione Europea (Direzione Generale Imprese) nel quadro del “Programma Competitività e Innovazione” (CIP), con lo scopo di fornire alle PMI europee un supporto alle attività imprenditoriali e alla crescita, fornendo un servizio integrato in materia di internazionalizzazione e innovazione tecnologica. Il *Network* europeo integra i servizi e le attività di assistenza alle PMI svolte prima del 2008 dagli Euro Info Centre - EIC, operativi dal 1989 e dagli *Innovation Relay Centre-IRC*, attivi dal 1997.

Attraverso il *Network* i maggiori protagonisti del sostegno alle imprese europee si sono uniti per mettere a disposizione uno sportello unico di assistenza alle PMI per l'internazionalizzazione e per l'innovazione. La “*Enterprise Europe Network*” rappresenta la rete più estesa a supporto delle PMI europee; si estende infatti in più di 40 paesi, inclusi i 27 paesi membri, i 3 paesi candidati (Croatia, the former Yugoslav Republic of Macedonia e Turkey), i paesi membri dell'*European Economic Area* (EEA) e altri paesi terzi che hanno deciso di far parte della rete.

Alla rete *Enterprise Europe Network* partecipano più di 600 sportelli operativi europei (Camere di Commercio, Agenzie per lo sviluppo regionale, centri tecnologici di ricerca e universitari ecc.) con il coinvolgimento di circa 4.000 esperti professionisti.

Grazie alla rete *Enterprise Europe Network* le imprese hanno l'opportunità di:

- migliorare la loro conoscenza dei mercati e della legislazione europea e internazionale;
- creare nuove opportunità ed espandersi in nuovi mercati rimanendo costantemente informati sulle attività e opportunità offerte dalla Commissione Europea;
- ampliare il numero di clienti, migliorare la loro posizione sul mercato, la competitività e l'innovazione;
- ricevere assistenza tecnica su tematiche specifiche quali la proprietà intellettuale, gli standard e la legislazione comunitaria;
- ricevere supporto tecnico e assistenza specialistica nella progettazione e nel trasferimento tecnologico
- partecipare a programmi di finanziamento dedicati.

In Italia la rete *Enterprise Europe Network* è rappresentata da 5 Consorzi che coprono l'intero territorio nazionale. I consorzi italiani, e i rispettivi territori di riferimento, sono i seguenti:

- SIMPLER (Emilia Romagna e Lombardia)
- Alps (Piemonte, Valle d'Aosta e Liguria)
- FriendEurope (Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia)
- B.R.I.D.G.Economies (Abruzzo, Molise, Basilicata, Puglia, Campania, Calabria, Sicilia)
- Cinema (Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Sardegna)

Questa rete potrebbe costituire un valido strumento utilizzato dalle *governance* distrettuali per “aprire i distretti”, facilitando la loro proiezione sui mercati internazionali.

3 ECOLOGIA INDUSTRIALE E SIMBIOSI INDUSTRIALE

3.1 I concetti chiave

Nel 1992 Frosh¹⁴⁰, nell'ambito di un *Colloquium paper*, seguito ad una serie di dibattiti innescati anche dall'attenzione dell'UNEP (*United Nations Environment Programme*) nei confronti della produzione e gestione dei rifiuti dei sistemi industriali e antropici in generale, introduce il concetto di analogia tra ecosistemi naturali ed ecosistemi industriali, ossia di **ecologia industriale** (*industrial ecosystem, industrial ecology*). Secondo Frosh, per analogia con gli ecosistemi naturali, un sistema eco-industriale, oltre a ridurre la produzione di rifiuti nei processi, dovrebbe massimizzare l'impiego efficiente dei materiali di scarto e dei prodotti a fine vita, come *input* per altri processi produttivi. Tale sistema può essere innescato, secondo Frosh, solo se si ha l'interazione di numerosi attori che concorrono a risolvere un numero congruo di potenziali problemi. Nell'ambito delle azioni che possono essere realizzate per andare verso un sistema ecoindustriale Frosh include, tra gli altri, la progettazione dei prodotti finalizzata al riciclo/riuso a fine vita, l'internalizzazione dei costi di smaltimento dei rifiuti per prodotti e processi, la responsabilità del produttore.

Garner e Keoleian¹⁴¹, nel 1995, tracciano il percorso che passa attraverso la definizione di ecologia industriale, i suoi obiettivi, i concetti chiave e gli strumenti di supporto. Secondo gli autori, ma in realtà ancora oggi, 2011, non esiste una unica definizione di ecologia industriale anche se possono essere individuate una serie di caratteristiche comuni tra le diverse definizioni, tra cui:

- una visione sistemica delle interazioni tra sistemi industriali ed ecologici;
- lo studio dei flussi di materia ed energia e delle trasformazioni;
- un approccio multidisciplinare;
- un orientamento verso il futuro;
- un cambiamento dei processi da lineari (aperti) a ciclici (chiusi), in maniera tale che i rifiuti di una industria possano essere *input* per un'altra;
- uno sforzo per ridurre gli impatti ambientali provocati dai sistemi industriali sui sistemi ecologici;
- l'idea di rendere i sistemi industriali in grado di emulare sistemi naturali al fine di renderli più efficienti e sostenibili.

L'obiettivo principale dell'ecologia industriale è promuovere lo sviluppo sostenibile a scala globale, regionale e locale, dove per "sviluppo sostenibile" si

¹⁴⁰ Frosh R. A., *Industrial ecology: a philosophical introduction*, in *Proc. National Academy of Sciences USA*, Vol. 89, pp. 800-803, February 1992.

¹⁴¹ Garner A., Keoleian G. A., "Industrial Ecology: an introduction", in *Pollution Prevention and Industrial Ecology*, National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan, November 1995.

intende “soddisfare i fabbisogni delle generazioni attuali senza compromettere quelli delle generazioni future”¹⁴². Tra i principi chiave dello sviluppo sostenibile si trovano l’uso sostenibile delle risorse, la tutela della salute umana e degli ecosistemi, la promozione dell’equità tra generazioni e tra società diverse (ossia verticale e orizzontale). Secondo Garner e Koeleian, il perseguimento di questi principi rientra tra gli obiettivi dell’ecologia industriale.

Attraverso l’analogia con gli ecosistemi naturali, si introducono i concetti di **metabolismo industriale** e di **simbiosi industriale**.

Secondo Hawken¹⁴³ l’ecologia industriale fornisce per la prima volta uno strumento di gestione integrata, su larga scala, che progetta le infrastrutture industriali “come se fossero una serie di ecosistemi industriali interconnessi e interfacciati con l’ecosistema globale”. Per la prima volta, l’industria sta andando oltre la metodologia del ciclo di vita e sta applicando il concetto di ecosistema al complesso delle attività industriali, collegando il metabolismo (industriale) di un’industria con quello di un’altra.

Secondo Ayres¹⁴⁴ si intende con “metabolismo industriale” la catena dei processi fisici che trasformano le materie prime e l’energia, oltre al lavoro, in prodotti e rifiuti. Uno degli obiettivi della disciplina del metabolismo industriale è quello di studiare il flusso dei materiali attraverso la società al fine di comprendere meglio le fonti, le cause e gli effetti delle emissioni¹⁴⁵.

Secondo Chertow¹⁴⁶, la simbiosi industriale, in quanto parte del campo emergente della ecologia industriale, pone attenzione ai flussi di materia ed energia attraverso le economie regionali. La simbiosi industriale coinvolge industrie tradizionalmente separate con un approccio integrato finalizzato a promuovere vantaggi competitivi attraverso lo scambio di materia, energia, acqua e/o sottoprodotti. Tra gli aspetti chiave che consentono il realizzarsi della simbiosi industriale ci sono la collaborazione tra imprese e le opportunità di sinergia disponibili in un opportuno intorno geografico.

Il sistema naturale si distingue per il suo carattere ciclico. Tale caratteristica pone le basi per la formulazione dei concetti di simbiosi industriale ed ecosistema

¹⁴² United Nations World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, New York, Oxford University Press, 1987.

Nel corso del tempo sono intervenute successive definizioni di Sviluppo Sostenibile, come conseguenza del dibattito scientifico e politico a livello internazionale (cfr. § 0).

¹⁴³ Hawken P., *The Ecology of Commerce*, HarperBusiness, New York, 1993.

¹⁴⁴ Ayres R. U., “Industrial metabolism: Theory and policy”, in Ayres, R. U., Simonis, U. K. (Eds.), *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, United Nations University Press, Tokyo, pp. 3–20, 1994.

¹⁴⁵ Anderberg S., “Industrial metabolism and linkages between economics, ethics, and the environment”, in *Ecological Economics*, 24, pp 311-320, 1998.

¹⁴⁶ Chertow M. R., “Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy”, in *Annual Review of Energy and Environment*, 25: 313-337, 2000.

industriale. Peraltro, già Renner¹⁴⁷ nel 1947 aveva introdotto il concetto di simbiosi industriale: "... Ci sono rapporti tra le industrie, a volte semplici, ma spesso molto complessi, che entrano in gioco e complicano l'analisi. Tra questi uno dei principali è il fenomeno della simbiosi industriale. Con questo si intende l'insieme degli scambi di risorse tra due o più di industrie dissimili ...". Ayres (1989)¹⁴⁸ ha elaborato la metafora della biosfera/tecnosfera al fine di spiegare e illustrare i concetti di ecologia e metabolismo industriale (tabella 3.1). L'analogia si basa sulle seguenti considerazioni:

- nella biosfera, l'evoluzione ha portato ad un uso efficiente dei materiali e dell'energia;
- nella tecnosfera, si assiste allo sfruttamento delle risorse e al rilascio nell'ambiente di sottoprodotti inutilizzati (emissioni in aria, acqua, suolo);
- imparando dalla biosfera, la tecnosfera può progettare e gestire i propri processi cercando di migliorare la propria efficienza e limitando, il più possibile, il rilascio di sottoprodotti inutilizzati nell'ambiente.

L'ecologia industriale coinvolge quindi diversi settori e diverse competenze integrate tra cui quelle ambientali e tecnologiche, competenze organizzative e logistiche, capacità di analisi trasversale dei sistemi e delle reti ricorrendo, ad esempio, anche all'analisi dei flussi di materia ed energia (MFA, *Material Flow Analysis*), valutazione del ciclo di vita di prodotti e servizi (LCA, *Life Cycle Assessment*). Si tratta cioè di una disciplina che integra una serie di strumenti allo scopo di massimizzare la chiusura dei cicli di risorse, energia e servizi all'interno dei sistemi industriali e locali. La realizzazione dell'ecologia industriale e della simbiosi industriale, in particolare, passano anche attraverso il concetto di rete in grado di mettere in relazione sistemi e attori differenti. Analogamente a quanto accade negli ecosistemi naturali, in cui la simbiosi è la forma di cooperazione tra gli organismi, le imprese presenti su uno stesso ambito territoriale sono protagoniste di una rete di scambi di flussi di materia, di energia, di servizi ed *expertise*. Si tratta cioè di realizzare un "ecosistema industriale" attraverso l'implementazione di meccanismi di simbiosi industriale all'interno di una rete di imprese e comunità, nell'ambito di una regione del territorio. Solo da una conoscenza approfondita delle esigenze di ogni componente dell'ecosistema possono stabilirsi accordi per effettuare archi tra i nodi della rete.

¹⁴⁷ Renner G. T., "Geography of Industrial Localization", in *Economic Geography*, 23, no. 3: 167-189, 1947.

¹⁴⁸ Ayres R. U., "Industrial Metabolism", in *Technology and Environment*, pag. 23-49, National Academy Press, Washington, DC, 1989.

Tabella 3.1: La metafora di Ayres per illustrare la disciplina dell'ecologia industriale

Biosfera	Tecnosfera
Ambiente	Mercato
Organismo	Azienda
Prodotto naturale	Prodotto industriale
Selezione naturale	Competizione
Ecosistema	Parco eco-industriale
Nicchia ecologica	Nicchia di mercato
Anabolismo/Catabolismo	Produzione/Gestione dei rifiuti
Mutazione e selezione	Ecoprogettazione
Successione ecologica	Crescita economica
Adattamento	Innovazione
Catena alimentare	Ciclo di vita del prodotto

Fonte: Ayres R.U., 1989

L'ecologia industriale affronta le problematiche ambientali (e le loro implicazioni in termini economici) utilizzando un approccio sistemico da due diversi punti di vista:

- dal punto di vista del prodotto/servizio;
- dal punto di vista dei siti produttivi, delle tecnologie, dei processi di produzione.

Nel primo approccio rientrano gli strumenti relativi alle politiche di prodotto tra cui la LCA (*Life Cycle Assessment*), il LCD (*Life Cycle Design*) e il DFE (*Design for the Environment*).

Nel secondo approccio rientrano, tra gli altri, le tecnologie pulite, le BAT (*Best Available technologies*), il metabolismo industriale, la simbiosi industriale.

Dal punto di vista organizzativo, il secondo approccio è stato implementato di fatto sotto varie forme principali che possono essere così riassunte:

1. le esperienze di sviluppo di distretti di simbiosi industriale, tipo Kalundborg;
2. i parchi eco-industriali;
3. le reti per la simbiosi industriale.

Prima di entrare nel merito delle diverse forme di realizzazione della simbiosi industriale, che verranno anche più diffusamente illustrate in altri capitoli di questo volume, è opportuno evidenziare che mentre nei primi due casi i meccanismi di simbiosi industriale che si realizzano sono suscettibili di minori variazioni, il terzo tipo di approccio è molto meno vincolato e consente di realizzare interventi di simbiosi industriale variabili nel tempo e nello spazio.

Al primo gruppo appartengono esperienze di sviluppo tipo quelle di Kalundborg

(box 3.1), cioè fenomeni di sviluppo di meccanismi di simbiosi industriale in ambiti territoriali più o meno estesi, tra più realtà che nel tempo realizzano specifici interventi per la chiusura e l'ottimizzazione dei cicli. Si tratta cioè di un approccio "*bottom-up*": il sistema di relazioni tra imprese nasce indipendentemente da una specifica programmazione, ma sulla base di accordi tra interlocutori sulla realizzazione di scambi di materia, energia o servizi.

Box 3.1: La simbiosi industriale "dal basso": il caso "scuola" di Kalundborg

Kalundborg è una cittadina di circa 20.000 abitanti sita a 100 chilometri a ovest di Copenhagen dove a partire dagli anni 70 si è andata via via sviluppando una complessa rete di scambi di materiali ed energia che coinvolgono un certo numero di soggetti presenti entro i confini comunali di Kalundborg. Di fatto quello che si è andato generando è un sistema industriale, o addirittura territoriale, che opera secondo i principi della simbiosi industriale: è stata implementata una rete di scambi di materie seconde, scarti di produzione e forme residue di energia che incrementano l'efficienza dei singoli processi produttivi e che riducono fortemente l'impatto ambientale. Le entità sono collegate tutte nello stesso ambito territoriale grazie a legami fisici con l'obiettivo di riciclare e riutilizzare materiali di scarto di alcuni processi produttivi, scarti che vengono considerati normalmente sottoprodotti. Tali enti fanno confluire in uno stesso sistema di condutture le acque reflue, condividono le risorse termiche ed energetiche e promuovono la configurazione ecologica dell'ecosistema industriale stesso. Grazie ai meccanismi di simbiosi industriale, a Kalundborg si risparmiano annualmente migliaia di tonnellate di risorse naturali in *input* e si evitano emissioni in atmosfera e produzione di rifiuti solidi pari a centinaia di migliaia di tonnellate annue (Grann, 1997). Il caso di Kalundborg è emblematico perché non nasce da una programmazione urbanistica e industriale ma, invece, si è andato sviluppando nel corso degli anni in maniera si potrebbe dire fisiologica a partire dall'iniziativa dei vari interlocutori che hanno saputo intuire i vantaggi anche economici derivanti dal sistema di sinergie messe in atto: infatti, i meccanismi di simbiosi industriale realizzati a Kalundborg consentono di realizzare la riduzione dei costi di produzione attraverso l'accesso a risorse secondarie di costo inferiore e allo smaltimento remunerativo degli scarti di processo.

Le relazioni di simbiosi operanti a Kalundborg si sono sviluppate progressivamente a partire dal 1961 (figura 3.1) fino ai giorni nostri, fino a creare una rete molto complessa tra la municipalità e le imprese insediate nel territorio (figura 3.2).

I vantaggi apportati dalla realizzazione di un ecosistema industriale come quello implementato a Kalundborg sono:

- il riciclaggio dei sottoprodotti: il sottoprodotto di un'azienda diventa un'importante risorsa per un'altra azienda;
- la riduzione nel consumo delle risorse, come acqua, carbone, petrolio, gesso, fertilizzanti ecc.;
- la riduzione della pressione ambientale, in termini di riduzione di emissioni in

acqua, atmosfera, produzione di rifiuti e conseguente smaltimento;

- un miglioramento nell'utilizzo di risorse energetiche, con l'uso di rifiuti gassosi nella produzione di energia.

Annualmente nell'area industriale di Kalundborg si realizzano interventi di simbiosi industriale che garantiscono i seguenti risparmi di risorse, emissioni evitate e riutilizzo di rifiuti:

- Risparmio di risorse
 - Petrolio 19.000 t/a
 - Carbone 30.000 t/a
 - Acqua 1,2 Mt/a
- Emissioni evitate
 - CO₂ 130.000 t/a
 - SO₂ 25.000 t/a
- Rifiuti riutilizzati
 - Ceneri 135.000 t/a
 - Zolfo 2.800 t/a
 - Gesso 80.000 t/a

Jørgen Christensen¹⁴⁹, ex vice presidente della Novo Nordisk (una delle aziende che partecipano alla simbiosi), identifica una serie di condizioni grazie alle quali Kalundborg è considerata un modello di simbiosi industriale:

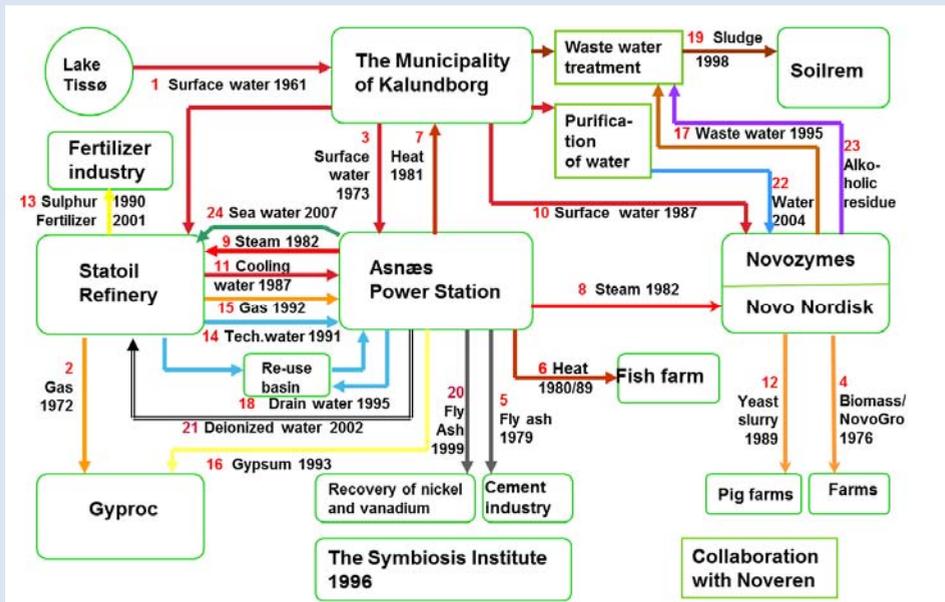
- le industrie partecipanti devono essere compatibili tra loro, pur essendo di tipologia diversa: le aziende devono essere adeguate e avere una produzione diversificata, anche perché, se fossero uguali, non potrebbero avere scambi fra di loro;
- le industrie devono essere geograficamente limitrofe: la distanza fisica tra i vari siti può incidere sui costi relativi al trasporto;
- la distanza "mentale" tra i partecipanti deve essere ridotta: apertura, comunicazione e fiducia sono requisiti fondamentali su cui si basa una buona collaborazione tra i partecipanti;
- pressione culturale e normativa incoraggiano la coscienza ambientale: sebbene ogni partecipante si sforzi di ottenere un guadagno economico attraverso ogni accordo simbiotico, i legami si sviluppano avendo come sfondo una condivisa consapevolezza ambientale;
- i singoli accordi tra industrie sono basati su principi commerciali;
- miglioramenti ambientali, conservazione delle risorse e incentivi economici procedono di pari passo;
- lo sviluppo della simbiosi ha una base volontaria, ma nell'ambito di una cooperazione con le autorità.

¹⁴⁹ Christensen Jørgen, *The History of The Industrial Symbiosis at Kalundborg, Denmark*, IPTEH – UNIL Workshop GSE 2006 Lausanne, 30 November 2006.

Figura 3.1: L'evoluzione nel tempo della rete degli scambi e delle relazioni operanti nell'area industriale di Kalundborg (1961-2010), Fonte: <http://www.symbiosis.dk/>



Figura 3.2: La rete degli scambi e delle relazioni operanti nell'area industriale di Kalundborg (2007), Fonte: Jørgen Christensen, 2006



Al secondo gruppo, i Parchi Eco-Industriali, appartengono iniziative di stampo statunitense, realizzate inizialmente e principalmente negli Stati Uniti/Canada e in Asia. Si tratta in questo caso di un approccio “*top-down*”, in quanto il parco eco-industriale è programmato, progettato e gestito sulla base dei principi dell’ecologia e della simbiosi industriale.

L’esperienza italiana delle aree industriali ecologicamente attrezzate (AEA), introdotte nell’ordinamento nazionale dall’art. 26 del D.Lgs. 112/1998 che le definisce come aree industriali “..dotate delle infrastrutture e dei sistemi necessari a garantire la tutela della salute, della sicurezza e dell’ambiente”, costituisce un modello che si avvicina all’esperienza dei Parchi Eco-industriali. In tali aree la stessa norma impone la presenza di una gestione unitaria e stabilisce che “gli impianti produttivi localizzati nelle aree ecologicamente attrezzate sono esonerati dall’acquisizione delle autorizzazioni concernenti la utilizzazione dei servizi ivi presenti”. Tuttavia, si può notare che mentre nei primi due casi, nonostante i percorsi siano differenti, l’obiettivo ultimo è la realizzazione di un ecosistema industriale in cui si realizzano anche percorsi di simbiosi, nel caso delle AEA l’obiettivo è principalmente quello di gestire in maniera unica e integrata i servizi ambientali connessi con le attività industriali, anche al fine di semplificare gli adempimenti amministrativi per la gestione degli aspetti ambientali.

Dei parchi ecoindustriali e delle aree industriali ecologicamente attrezzate si parla più diffusamente nel precedente capitolo 2.

Le reti per la simbiosi industriale, invece, sono strumenti di tipo conoscitivo/relazionale finalizzati a consentire l’incontro tra domanda e offerta di risorse (nel senso lato inteso dalla simbiosi industriale) tra interlocutori che per attività economica e sociale non hanno altrimenti occasione di incontro. Nell’ambito di questo ultimo approccio rientrano ad esempio il caso del NISP della Gran Bretagna (Box 3.2), in una certa misura la struttura dei consorzi di riciclaggio presenti in Italia (§ 3.4.3), la borsa rifiuti e le reti di risorse in generale (§ 3.4).

Box 3.2: Uno strumento per la simbiosi industriale: il NISP dell’UK

Attualmente sono molteplici le iniziative a livello mondiale per la realizzazione, la promozione e la diffusione di sistemi di simbiosi industriale (e territoriale), così come molte sono le iniziative a livello anche di programmazione nazionale indirizzate verso i paradigmi dell’ecologia industriale.

Tra i vari esempi esistenti, citiamo come riferimento l’iniziativa della Gran Bretagna che ha avviato il Programma Nazionale di Simbiosi Industriale (*NISP - National Industrial Symbiosis Programme*). Si tratta della prima iniziativa di simbiosi industriale proposta su scala nazionale (anche se poi operativamente lavora su scala regionale).

Nell’ambito delle attività condotte dal NISP, trova spazio anche l’attività scientifica nell’ambito della quale Lombardi e Laybourn (2010) hanno proposto una definizione di simbiosi industriale condivisibile poiché coglie i diversi aspetti che possono

potenzialmente riguardare esperienze di simbiosi: “la simbiosi industriale coinvolge industrie tradizionalmente separate e altre organizzazioni in una rete per promuovere strategie innovative per un uso più sostenibile delle risorse (compresi i materiali, energia, acqua, risorse, competenze, logistica, ecc.). Attraverso la rete, vengono identificate opportunità di *business* che consentono di realizzare scambi reciprocamente vantaggiosi sia dal punto di vista degli approvvigionamenti, sia per il valore aggiunto dei sottoprodotti. La simbiosi industriale inoltre innesca anche meccanismi di trasferimento di buone pratiche e conoscenze, provocando cambiamenti culturali e di processo”.

Secondo questa definizione, quindi, la simbiosi industriale si realizza condividendo e scambiando le “risorse” in senso ampio e il principale strumento attraverso cui questi scambi si possono realizzare è costituito dalla “rete” inteso come veicolo per il trasferimento delle informazioni tra interlocutori diversi. Il NISP, infatti, è costituito da una rete di associati che, tramite l’interlocuzione tecnica ed economica implementata a livello dei nodi centrali dai referenti del NISP, trovano le opportunità tecnologiche e commerciali per scambiare risorse, materiali, energia, acqua, logistica ed *expertise*. La rete del NISP è dotata di 12 gruppi di lavoro regionali che coprono tutto il territorio dell’UK. Il programma è stato lanciato nel 2005 presso la Camera dei Comuni.

Attualmente l’attività del NISP si realizza attraverso la risoluzione di specifici casi, cioè il NISP opera secondo l’approccio “*working with the willing*”, anche se in prospettiva si intende passare ad un approccio propositivo identificando possibili sinergie tra diversi interlocutori e proponendo, come terza parte, percorsi di simbiosi. Il quadro seguente riassume i principali risultati raggiunti dal NISP dal momento del suo avvio al marzo 2010.

Tabella 3.2: Risultati raggiunti dal NISP dal suo avvio fino a marzo 2010

Fonte: <http://www.nisp.org.uk/default.aspx>

Risultati	u. m.	benefici annuali	benefici complessivi
Risparmi sui costi di impresa	milioni di sterline	148	780
Ricavi aggiuntivi per vendita di sottoprodotti	milioni di sterline	163	880
Discarica evitata	milioni di tonnellate	6,7	35
Riduzione della CO ₂	milioni di tonnellate	6	30
Materie prime risparmiate	milioni di tonnellate	9,4	48,5
Rifiuti pericolosi eliminati	milioni di tonnellate	0,371	1,8
Risparmi di acqua	milioni di tonnellate	10,5	47,8
Posti di lavoro aggiuntivi	n.	2.417	8.770

L'approccio delle Reti per la Simbiosi Industriale è stato alla base della proposta per la realizzazione del progetto di una Piattaforma di Simbiosi Industriale in Sicilia (Box 3.3) effettuata dall'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali (UTTAMB) dell'ENEA, nell'ambito del progetto Ecoinnovazione Sicilia (maggio 2011 – maggio 2014)¹⁵⁰, descritto sinteticamente nell'ultimo capitolo del libro.

Come già evidenziato, nei primi due casi (aree eco-industriali con approccio *bottom-up* o *top-down*) i meccanismi di simbiosi industriale che si realizzano sono suscettibili di minori variazioni, il terzo tipo di approccio (il sistema a rete per la simbiosi industriale) è molto meno vincolato e consente di realizzare interventi di simbiosi industriale variabili nel tempo e nello spazio. Questo ultimo approccio, probabilmente, si adatta maggiormente ad un tessuto industriale quale quello italiano già presente sul territorio e suscettibile di minori modifiche strutturali.

Box 3.3: Il progetto ENEA per la realizzazione di una Piattaforma di Simbiosi Industriale in Sicilia

Funzionamento della Piattaforma

Dal punto di vista funzionale, la Piattaforma di simbiosi industriale si articola in una struttura gestionale tecnica di esperti e in una interfaccia con gli utenti, esplicita attraverso un sito web cooperativo dinamico dedicato (www.industrialsymbiosis.it). La Piattaforma, anche attraverso il Portale web dedicato, vuole offrire strumenti informativi e di analisi, in grado di supportare le imprese nelle scelte tecnologiche, strategiche e ambientali per il miglioramento dell'efficienza energetica e dell'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse (simbiosi industriale) ma anche offrire supporto alle imprese con altri strumenti (applicativi) tra cui: innovazione dei processi tecnologici (BAT/BRef, ...), eco-innovazione dei prodotti (LCA ed Ecodesign), supporto amministrativo e normativo sulle tematiche ambientali.

La Piattaforma intende essere uno strumento dinamico (ossia aggiornato periodicamente dal gestore) e cooperativo (ossia, alimentato anche con le informazioni specifiche fornite dagli utenti che, per utilizzarne i servizi, si associano). Il funzionamento della Piattaforma richiede la collaborazione tra gli utenti (le aziende, gli enti locali) e gli esperti che la gestiscono e implementano il Portale (esperti tecnici nella gestione delle risorse, cicli produttivi, analisi dei prodotti industriali, relazioni con il territorio e con le reti esistenti, ...).

Il Portale web è l'interfaccia pubblica con gli Interlocutori e con gli Utenti nonché uno strumento di diffusione delle attività svolte dalla Piattaforma. Il Portale ospiterà anche il logo che ENEA ha provveduto a registrare al fine della identificazione delle attività svolte nell'ambito della Piattaforma. Tale logo, mostrato qui di seguito, sarà utilizzato per

¹⁵⁰ ENEA (2011-2014), Progetto "Supporto allo sviluppo produttivo nel Sud: interventi pilota per la sostenibilità e competitività del turismo e delle aree industriali", su fondi MIUR, WP1-Task3: Sviluppo e implementazione di una Piattaforma regionale di simbiosi industriale applicata al settore dei RAEE e delle plastiche.

caratterizzare il sito web e le attività svolte nell'ambito di ogni implementazione territoriale dello strumento, specificando nel margine in basso a destra il territorio di riferimento.

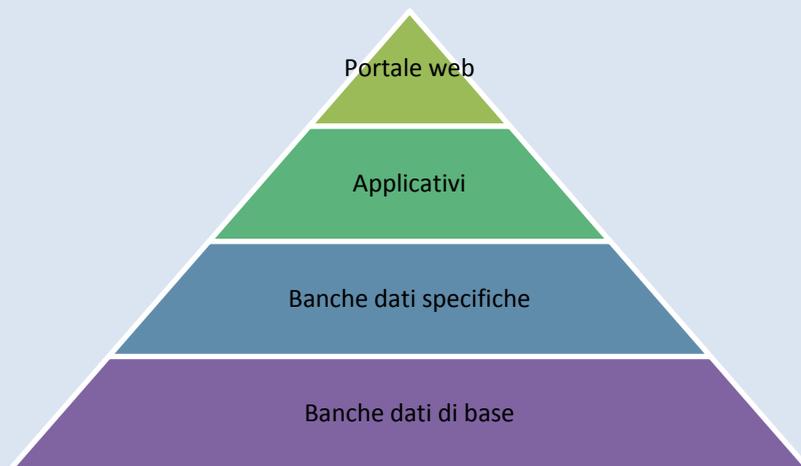


Risulta evidente che implementare la Piattaforma in diverse realtà territoriali amplia, in prospettiva, le possibili potenzialità complessive di simbiosi che si possono realizzare tra territori contigui. In altre parole, nell'ambito del progetto Ecoinnovazione Sicilia, la Piattaforma viene realizzata con contenuti informativi relativi alla regione Sicilia, ma la struttura di funzionamento, così come la struttura dei dati e gli algoritmi per le elaborazioni, sono utilizzabili per l'applicazione della Piattaforma ad ogni altro territorio interessato, utilizzando sempre la medesima struttura ed il medesimo "linguaggio".

Il funzionamento della Piattaforma si basa sulla gerarchia descritta nella figura 3.3 ove la base è costituita dalle banche dati, anche georeferenziate, che descrivono il contesto territoriale di riferimento (base geografica, strutture, infrastrutture, siti industriali ecc.) e strati informativi di servizio alle imprese (BAT, LCA, BD Normativa ecc.). Tale strato è costruito e aggiornato dal gestore della Piattaforma e, in prospettiva, anche dagli utenti. Al livello superiore si trova il "cuore" della Piattaforma, ossia gli strati informativi che devono essere alimentati e aggiornati in maniera cooperativa dagli utenti (singole aziende) ai quali viene richiesto di fornire le informazioni sugli *input* qualitativi e quantitativi utilizzati (materie prime, energia ecc.) e sugli *output* prodotti (prodotti, sottoprodotti, rifiuti ecc.).

L'insieme di queste informazioni, all'interno di un sistema di rete che la Piattaforma intende avviare, consente di individuare percorsi di Simbiosi, ossia di far incontrare offerta e domanda di risorse, altrimenti destinate a non essere valorizzate.

Figura 3.3: Gerarchia di funzionamento della Piattaforma di simbiosi industriale



La Piattaforma lavora attraverso gli strumenti operativi che nello specifico sono:

- i DataBase (di base e specifici);
- l'interfaccia con gli utenti (Portale web);
- gli applicativi, che consentono di elaborare i dati residenti nei vari strati dei DB, attraverso specifiche *query* del Gestore o degli Utenti in funzione dei diversi livelli di accesso e privilegio.

Il gestore della Piattaforma e la cooperazione tra gestore e utenti

Il meccanismo di funzionamento della Piattaforma è articolato attraverso la presenza di diversi attori:

- il gestore della Piattaforma;
- la rete degli interlocutori;
- e, tra questi ultimi, gli utenti.

I ruoli e le competenze di ciascuno dei citati attori sono diversi e complementari e in particolare:

- il gestore della Piattaforma coordina, gestisce, standardizza la raccolta dati, promuove e informa i potenziali utenti circa i servizi offerti, progetta e gestisce il Portale web; attraverso gli esperti tecnici, la Piattaforma propone soluzioni di Simbiosi industriale sfruttando, oltre alle expertise specifiche, il potenziale informativo e di rete, residente sulla Piattaforma;
- la rete degli interlocutori, viene attivata e promossa dal gestore, al fine della promozione e della divulgazione dell'attività della Piattaforma; è essenziale che la rete sia ampia e diffusa affinché si possano attivare nel tempo sinergie tra "diversi" per la realizzazione di specifici percorsi di simbiosi industriale;
- gli utenti sono interlocutori che associandosi alla Piattaforma, da una parte contribuiscono a rafforzare la rete, dall'altra forniscono le loro specifiche informazioni rilevanti per i servizi offerti dalla Piattaforma (input e output di risorse, caratteristiche tecniche ecc.). Gli Utenti attraverso il Portale possono accedere ad una serie di specifici servizi di consulenza forniti tramite alcuni applicativi e interloquendo con le interfacce.

Alla base del funzionamento della Piattaforma è la cooperazione con i suoi utenti, per arricchire i database di informazioni specifiche sulle attività industriali presenti sul territorio, sulle caratteristiche degli impianti, sulle esigenze di risorse in alimentazione agli impianti stessi, sulle relazioni con il territorio, sulla disponibilità di materie prime seconde, di servizi, di sinergie, sulle tecnologie impiegate, sulle tipologie di prodotti e servizi realizzati dalle imprese. La figura 3.4 riassume le relazioni esistenti tra gli attori e gli strumenti della Piattaforma.

I contenuti e gli strumenti informativi e di analisi della Piattaforma

A partire dalle banche dati la Piattaforma, attraverso il suo Portale, consente all'utente (azienda, gruppo di aziende, enti locali, ...) di ottenere informazioni specifiche e fruibili, per la risoluzione di problemi legati ai processi industriali e alla gestione delle risorse. Tali funzioni sono fruibili attraverso l'utilizzo di opportuni applicativi, alcuni dei quali sono riportati schematicamente nella figura 3.5.

Figura 3.4: Relazioni tra attori e strumenti della Piattaforma

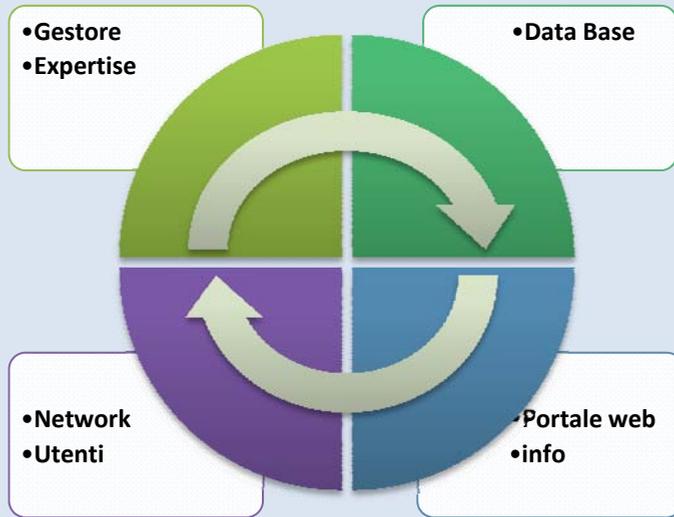
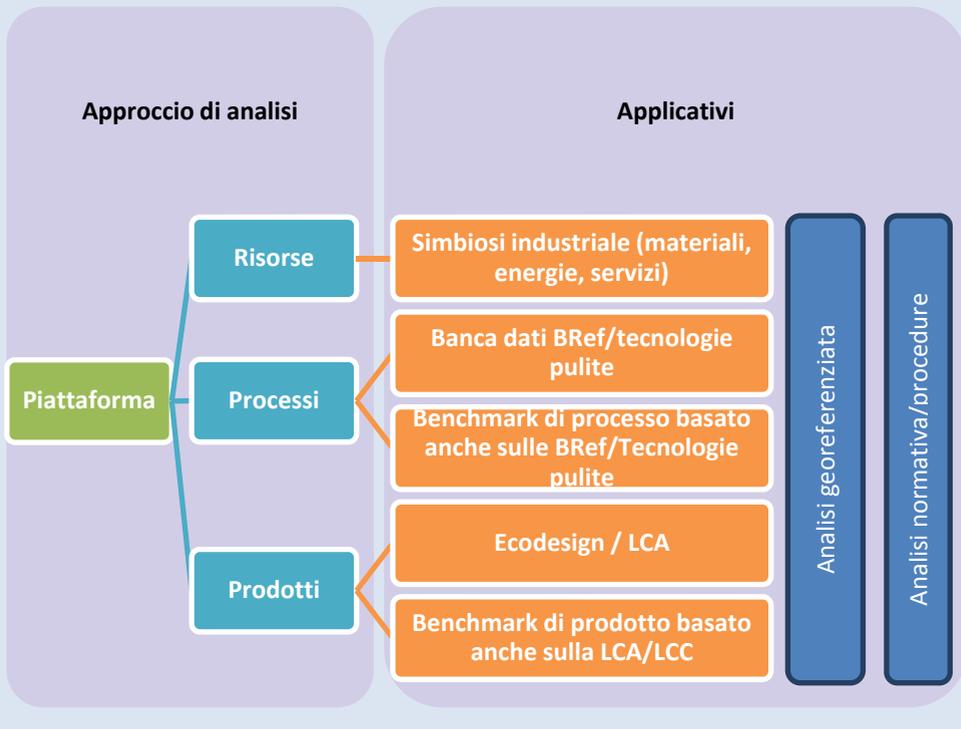


Figura 3.5: Alcuni degli Applicativi che saranno disponibili sulla Piattaforma di Simbiosi Industriale



Gli applicativi riportati in figura possono essere sinteticamente descritti come:

- **simbiosi industriale** per consentire di individuare, attraverso il gestore e anche tramite consulenza esperta, soluzioni di simbiosi industriale come risposta a specifiche interrogazioni da parte dell'utente;
- **sistema produttivo georeferenziato** che consente di effettuare *query* ed elaborazioni, a partire dai dati di base georeferenziati contenuti nel Portale;
- **tecnologie pulite (BD BAT/Bref)**, per effettuare *query* sulle tecnologie pulite/Bref, ad esempio, per tipologia di settore produttivo e di processo;
- **analisi di benchmark di processo**, basata anche sull'analisi delle BAT;
- **analisi di benchmark di prodotto/Ecodesign**, basata anche sulla metodologia LCA;
- **normativa**, per consultare la normativa ambientale europea, nazionale e regionale; per individuare i percorsi giuridico/amministrativi per la simbiosi industriale.

3.2 Il ruolo della simbiosi industriale

Il processo di industrializzazione, oggi come nel recente passato industriale, pone in evidenza principalmente quattro elementi che vengono immessi nell'ambiente con impatti negativi e con effetti negativi crescenti:

- l'alto livello d'inquinamento dell'aria, causato dai processi di combustione;
- l'inquinamento dei corpi idrici, determinato dagli scarichi dei residui di lavorazione ai quali si aggiungono gli scarichi di uso domestico;
- la produzione e accumulo di rifiuti, sempre più complessi e difficilmente riciclabili;
- la produzione di nuovi materiali prodotti chimicamente, come materie plastiche e prodotti di sintesi, non biodegradabili.

Il mondo della ricerca scientifica e tecnologica, si è indirizzato a cercare delle soluzioni idonee, creando nuove tecnologie applicate ai cicli produttivi che consentono di prevenire e/o abbattere l'inquinamento e di ridurre in quantità minimale le sostanze emesse (*output*) e le risorse naturali utilizzate (*input*).

Anche se non si può fare riferimento ad una unica definizione di ecologia industriale (§ 3), si può affermare che l'ecologia industriale in un percorso continuo di integrazione tra ambiente e sistema produttivo, utilizzando sia i diversi strumenti che l'aggiornamento scientifico e tecnologico forniscono sia l'acquisizione culturale di una diversa esigenza di qualità sociale ed economica, si pone come obiettivo la riduzione degli oneri ambientali durante l'intero ciclo di vita del prodotto, dall'estrazione delle materie prime, alla produzione di merci, all'uso di tali prodotti e alla gestione dei rifiuti che ne derivano per migliorare lo sviluppo industriale verso la sostenibilità. In tale contesto uno dei problemi

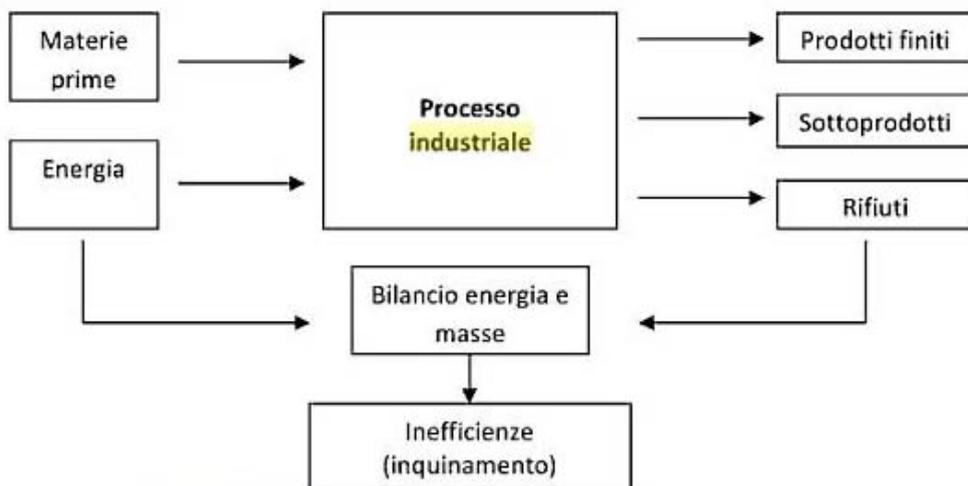
principali è l'enorme quantità e la qualità specifica dei materiali utilizzati dal sistema industriale e del consumo.

Il processo che consuma materiali ed energia in entrata e trasforma i rifiuti, attraverso l'efficienza e l'ulteriore sviluppo e scambio di informazioni e di utilizzo nell'industria, in forme utilizzabili riducendo al minimo la loro espulsione dal processo e/o del consumo può essere definito come metabolismo industriale (figura 3.6). Questo principio descrive i legami tra i flussi di materia di origine antropica e l'impatto delle attività economiche sull'ambiente. Per valutare l'efficienza tecnologica e/o il rapporto tra il consumo di energia e quello di materia ottimale nelle varie fasi di interconnessione di questi flussi è necessario un approccio integrato dei diversi sistemi ciclici. L'analisi di questo metabolismo ai diversi livelli produttivi e territoriali permette di individuare le potenzialità e riorientare i flussi in percorsi sostenibili finalizzati alla chiusura del ciclo secondo una precisa programmazione in cui in ogni fase, le uscite diventano *input* per potenziali nuovi processi (simbiosi industriale).

Questo comporta che i processi produttivi, prodotti e sistemi di consumo dovranno subire un'approfondita revisione e dovranno essere ridisegnati secondo un'impostazione che stimoli i processi e le tecnologie in grado di fornire soluzioni e meccanismi finalizzati al riciclo delle risorse e all'ottimizzazione delle sinergie tra l'utilizzo delle risorse dei servizi e della conoscenza.

Il metabolismo industriale richiede non solo che ci sia il controllo delle diverse fasi di dispersione dei rifiuti sul territorio, ma la conoscenza e la capacità di aggregare e indirizzare i diversi flussi verso tecnologie in grado di ritrattarli e/o valorizzarli all'interno di un modello di sviluppo eco-efficiente. Questo processo richiede un cambiamento radicale nelle politiche di indirizzo e stimolo per il sistema

Figura 3.6: Schema del metabolismo industriale secondo Ayres, 1989



industriale, passaggio che ad oggi, in Italia, è ancora in fase embrionale, in quanto dal dibattito avviato ancora non scaturisce una strategia e una politica di supporto normativo ed economico che permettano una evoluzione di sistema dell'industria e la domanda di nuove tecnologie.

Un punto di forza importante è che questa fase nella quale l'*ambiente* sta aprendo nuovi mercati, ed è percepito come una opportunità, le imprese che punteranno in questo tipo di settore tecnologico potranno diventare i nuovi *leader* industriali, poiché la domanda di *ambiente* non può che crescere nei prossimi decenni.

Sulla base di questa domanda, l'atteggiamento delle imprese si sta lentamente modificando in particolare per due motivi. Il primo attribuibile alla pressione esercitata dall'opinione pubblica, sempre più attenta e sensibile alle problematiche ambientali, alle normative più stringenti e alle sanzioni più pesanti. Il secondo motivo è riconducibile all'evoluzione tecnologica che permettendo un maggiore grado di efficienza, consente il perseguimento di buoni risultati ambientali, con costi ridotti e/o risparmi energetici e di materia prima.

Quindi, abbandonato il modello d'impresa del ventesimo secolo, caratterizzato da massicce emissioni d'inquinanti, provenienti da ogni ciclo produttivo, dall'utilizzo di ingenti quantitativi di risorse naturali e grossi volumi di rifiuti, l'attuale cultura imprenditoriale imposta l'attività aziendale su diversi fattori nei quali oltre che la dimensione, la qualità dei servizi che fornisce, la complessità tecnologica dei prodotti e dei processi, il livello di organizzazione, il posizionamento geografico, rientra anche una cultura specifica sulle diverse problematiche ambientali e una sensibilità ambientale delle produzioni che realizza.

Oggi l'impresa è sempre più attenta alla raccolta differenziata e al riciclo dei beni dismessi, riutilizzandone i componenti. In alcune imprese il processo di sensibilizzazione ambientale si è allargato a tutti i cicli produttivi anche perché esse percepiscono i segnali di risposta dei consumatori e i prodotti di queste imprese vengono tutti o in parte riciclati e/o riutilizzati.

In questo contesto un ulteriore passaggio richiede che l'impresa che ha compreso maggiormente l'importanza della questione ambientale come opportunità di crescita, persegua l'innovazione tecnologica all'interno di una politica attenta anche alle fasi di processo e distribuzione indirette ed esterne all'impresa in un'ottica di collaborazione tra imprese a livello, territoriale, di settore, di consorzio e di associazione.

L'obiettivo che si pone il Programma d'Azione dell'UE¹⁵¹ di diminuire l'uso delle materie prime e dell'energia necessari per produrre le merci e/o migliorare l'efficienza dei processi minimizzando la produzione dei rifiuti, richiede il

¹⁵¹ Il Sesto programma comunitario di azione per l'ambiente, intitolato "Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta", definisce le priorità e gli obiettivi della politica ambientale europea fino al 2010 e oltre, e descrive in modo particolareggiato i provvedimenti da adottare per contribuire alla realizzazione della strategia in materia di sviluppo sostenibile da essa elaborata.

disaccoppiamento tra crescita economica e produzione dei rifiuti. Per il raggiungimento di tale obiettivo è necessario un percorso di cambiamento degli attuali modelli di consumo e produzione in quanto prima o poi tutti i materiali vengono dismessi e diventano rifiuti. Quindi è necessario puntare a modelli di crescita in grado di garantire un utilizzo delle risorse che non superi la capacità di carico dell'ambiente, dissociando la crescita economica dall'uso delle risorse, migliorando l'efficienza di uso di queste ultime e diminuendo la produzione di rifiuti. Per i rifiuti in particolare, l'obiettivo specifico che si è posto il Piano di Azione è ridurre la loro quantità finale del 20% entro il 2010 e del 50% entro il 2050.

Immaginando un "naturale" percorso evolutivo degli attuali sistemi di riciclo e recupero dei rifiuti, è difficile immaginare sistemi a bassa tecnologia ed estremamente frammentati sul territorio in quanto riciclo, recupero di materia e recupero energetico implicano la disponibilità di un certo numero di impianti in un'ottica integrata e di rete in grado di governare i diversi flussi. Tipicamente, delle frazioni tradizionalmente raccolte in modo differenziato in relazione agli attuali processi produttivi, il destino di vetro e metalli è "rigido"; è al contrario "flessibile" quello dei materiali lignei - cellulosici (riciclo, compostaggio, digestione anaerobica, recupero energetico) ed è ancora problematico quello delle plastiche, per le quali il recupero di materia attuato con metodi fisico-meccanici è alquanto limitato, al pari del "*feedstock recycling*"¹⁵². Per la componente plastica e dei rifiuti urbani in genere, così come degli scarti o delle eccedenze della componente raccolta differenziata, l'incenerimento e in alternativa i trattamenti termici permettono in generale di superare i problemi connessi al grado di purezza del materiale da trattare permettendo una possibile chiusura del ciclo.

3.3 I rifiuti come risorsa per la simbiosi industriale

In ambito Europeo le "linee guida" per una gestione sostenibile dei rifiuti, tracciate fin dalla Direttiva Quadro 75/442/CEE e confermate dalle successive direttive, sono state ulteriormente estese dalla recente Direttiva Quadro 2008/98/CE recepita in Italia con il D.Lgs. 205/2010. Questa direttiva rappresenta un punto di svolta ed è tesa ad assicurare un elevato livello di protezione dell'ambiente attraverso l'adozione di una gerarchia di azioni (*waste hierarchy*) (figura 3.7), che assegna massima priorità alla prevenzione e poi in ordine decrescente al riuso, al riciclaggio dei rifiuti come materie prime secondarie e al loro recupero come fonti di energia. Lo smaltimento, e quindi la discarica, si configura come opzione residuale, da adottarsi per i flussi di rifiuti che non sono, o non sono ulteriormente, suscettibili di recupero.

¹⁵² È un processo termochimico attraverso il quale i legami molecolari dei materiali vengono decomposti producendo sostanze gassose e liquide da poter essere utilizzate come combustibili e materia prima nell'industria della chimica.

Figura 3.7: La gerarchia dei rifiuti (Direttiva 2008/98/CE)



Fonte: Elaborazione ENEA

La strategia in atto con l'ultima direttiva persegue, dunque, la riduzione dei rifiuti agendo in tutte le fasi dei loro cicli di produzione e gestione. Alla testa delle priorità si trova la prevenzione, ovvero la riduzione alla fonte della produzione di rifiuti e della loro pericolosità. Questo obiettivo viene, quindi, perseguito mediante l'ottimizzazione dei cicli produttivi, l'applicazione di politiche integrate di prodotto (IPP, *Integrated Product Policy*), le valutazioni connesse al ciclo di vita (LCA, *Life Cycle Assessment*), l'introduzione di strumenti di progettazione quali il *Design for Disassembly* (progettazione finalizzata al disassemblaggio) e il *Design for Recycling* (progettazione finalizzata al riciclaggio).

A valle delle politiche di prevenzione, la scala delle priorità è data al riuso per la funzione originaria, che quando perseguibile rappresenta la *Best Practicable Option* (BPO), al riciclo di materia e al recupero di energia. Considerato che un rifiuto deriva da un prodotto che in origine possedeva un elevato valore in termini di energia e materiali impiegati per la produzione, le problematiche relative alla gestione dei rifiuti sono strettamente correlate alla salvaguardia delle risorse.

A livello di UE e, in generale, di paesi industrializzati a elevato PIL pro capite, la strategia di azione in materia di gestione dei rifiuti si traduce sostanzialmente in un impegno su due fronti tra loro interconnessi:

- da un lato, quello della riduzione della quantità e pericolosità dei rifiuti prodotti, che implica di fatto - sul lungo periodo - una profonda revisione degli stessi modelli di produzione-consumo;
- dall'altro, quello dell'adeguamento dei sistemi territoriali di gestione dei rifiuti comunque prodotti, comportante l'introduzione di *cicli* tecnologici

integrati mirati - con riguardo sia ai rifiuti urbani che agli speciali - alla massimizzazione del *riciclaggio* e del recupero di materiali ed energia nonché alla minimizzazione del ricorso alla discarica come forma di smaltimento.

I concetti stessi di ciclo e di riciclo, inquadrati in ambito della teoria dei sistemi, dovrebbero essere quindi utilizzati come base nella ricostruzione di flussi che, mimando i processi naturali, invertono la loro direzione trasformando l'uscita in entrata o, in termini di un noto slogan, trasformando i rifiuti in risorsa. Con questo approccio il rifiuto, qualora ancora esista, può essere interpretato solo come cattiva progettazione di un prodotto.

I flussi e i cicli/ricicli citati non sono solo materiali, ma possono e devono riguardare la costruzione di retroazioni (*feedback*) informativi su cosa arriva a smaltimento per permettere a tutti i materiali che escono dal sistema produttivo e ai prodotti alla fine del loro utilizzo di trasformarsi in materie prime seconde per qualcosa di nuovo.

Una volta che il rifiuto viene prodotto, la sfida è quella di consentire ai materiali di conservare la loro qualità e specificità per non essere riciclati in settori a minore valore aggiunto e di riconsegnarli alle adeguate filiere produttive nei tempi e nei modi migliori.

Uno dei concetti "chiave" introdotti dalla legislazione è quello della gestione integrata dei rifiuti che significa, soprattutto, cogliere le opportunità di recupero delle risorse, in termini di materiali e di energia, in essi contenute. In tale ottica la riduzione, il riuso, il riciclaggio e la valorizzazione energetica dei rifiuti sono da considerarsi tuttora come tematiche prioritarie, che richiedono non solo scelte politico-amministrative, ma anche soluzioni tecnico-economiche sostenibili e non differibili, per consentire un'effettiva chiusura del ciclo integrato dei rifiuti. La chiusura del ciclo va interpretata sia come l'assegnazione a ogni flusso di una certa destinazione sia come valorizzazione del concetto di ciclo e di riciclo nel senso citato.

In generale, l'attenzione maggiore dell'industria è rivolta alle tecnologie finalizzate al recupero/riciclaggio e alla riduzione dei rifiuti nei processi produttivi, sollecitata e favorita in ciò da esigenze tecnico-economiche di settore e dall'approfondita conoscenza dei cicli di produzione. Va, peraltro, considerato che tale tipologia può essere - forse più correttamente - ricompresa nella dizione di "tecnologie pulite".

È appena il caso di evidenziare che trattamenti e tecnologie finalizzati al recupero/riciclaggio dei prodotti a fine vita (diventati cioè rifiuti) sono "interni" ai sistemi territoriali di gestione integrata dei rifiuti, mentre i processi di recupero/riciclaggio e riduzione dei rifiuti nei processi produttivi sono interni ai sistemi produttivi stessi.

Con riferimento alle tecnologie di trattamento dei rifiuti, si può affermare che, tanto a livello di istituzioni scientifiche che di industria, l'impegno italiano, pur essendo sostanzialmente in linea con i paesi più avanzati, non si concretizza nella

capacità di trasformare le conoscenze in interventi reali sul territorio anche in relazione alla ridotta presenza dell'industria nazionale nel settore dell'impiantistica dedicata.

3.3.1 Riciclo, consumo e produzione sostenibili

La capacità di crescita dell'industria del riciclo in relazione alle potenzialità di riciclo ancora esistenti richiede strategie idonee in grado di influenzare anche gli stessi modelli di produzione che devono puntare alla progettazione di prodotti con le migliori *performance* ambientali sul ciclo di vita e, quindi, individuare le soluzioni per ottimizzare la durata di vita dei prodotti, ridurre il volume degli imballaggi, impiegare, laddove possibile, materiali riciclati, soluzioni che prevedano la minimizzazione dell'impiego di sostanze pericolose e, in generale, minimizzare l'uso di risorse; e che servano altresì a favorire e stimolare il passaggio a processi di produzione e distribuzione più sostenibili, con meno sprechi e le scelte dei consumatori verso comportamenti virtuosi che mirano alla selezione dei prodotti in relazione al loro riuso, riciclaggio, recupero.

In questa direzione la strategia tematica sulla prevenzione dei rifiuti e il riciclo di cui alla comunicazione della Commissione Europea COM(2005)666 (Documento preliminare per la strategia italiana per il consumo e produzione sostenibili) è un riferimento per tutti gli attori e non solo per un settore come quello del riciclo che nell'ultimo decennio è riuscito a puntare con successo non solo al proseguimento e potenziamento dei benefici ambientali (il riciclo degli imballaggi di vetro, plastica, carta e alluminio riciclati, pari a 38,8 milioni di tonnellate, sono equivalenti alla mancata apertura di 325 discariche) ma a sviluppare anche un interessante e solido giro di affari che negli ultimi 10 anni è stato stimato in 6,7 miliardi di euro, con un livello occupazionale di circa 80.000 addetti¹⁵³.

All'inizio degli anni 80 si è avuto nel nostro paese l'inizio della transizione dei sistemi territoriali di gestione rifiuti da semplici servizi per l'organizzazione della raccolta-smaltimento a sistemi di dimensione "industriale" basati su cicli e articolazioni impiantistico-tecnologiche più complesse, nei quali riciclaggio, recupero di materia e valorizzazione energetica avrebbero dovuto assumere ruoli sempre più consistenti.

In Italia il "problema" della gestione dei rifiuti è stato affrontato per la prima volta in maniera organica con il D.P.R. 915/82. Questo decreto, che recepiva le direttive CEE 75/442, CEE 76/403 e CEE 78/319, ha rappresentato il primo tentativo di realizzare una moderna legge in materia di rifiuti nel nostro paese, in quanto ha stabilito obblighi e doveri precisi per chi produceva rifiuti solidi urbani (RSU). Il DPR citato ha affermato in maniera esplicita per la prima volta il principio del "*chi inquina paga*", che in questo caso implica che il produttore del rifiuto è anche il responsabile del suo smaltimento e ha promosso il riciclaggio dei materiali

¹⁵³ CONAI, presentazione del Rapporto *L'Italia del Riciclo 2010*.

contenuti nei rifiuti e il recupero di materia ed energia. Nel 1987 è stata emanata la Legge 441/87 che ha ulteriormente definito ruoli e competenze dello Stato e delle Regioni, in un contesto nel quale l'elaborazione dei piani regionali di gestione dei RSU avrebbero dovuto favorire la raccolta differenziata e la termodistruzione con recupero di energia.

L'anno successivo la Legge 475/88 ha introdotto il concetto di materie seconde gettando le basi del modello che verrà preso come riferimento per costituire nel paese la rete di supporto al riciclo e recupero, ossia **il sistema consortile**. La Legge 475/88, al fine di assicurare il riciclaggio delle frazioni merceologiche quali il vetro, la plastica e il metallo, istituisce i Consorzi Obbligatorie per il Riciclaggio definendo per ciascuno di essi obiettivi di riciclaggio.

Nel 1994 l'Unione Europea aveva approvato la Direttiva 94/62/CE. Questa direttiva si applicava agli imballaggi immessi sul mercato nazionale e a tutti i rifiuti di imballaggio. Essa fissava gli obiettivi di recupero e riciclo da raggiungere entro 5 anni dal suo recepimento, da effettuarsi entro il primo semestre 96 in tutti i paesi dell'Unione Europea. Nel 1997 tali politiche in Italia hanno trovato applicazione nell'emanazione del D.Lgs. 22/1997 (Decreto Ronchi) che recepisce la direttiva 91/156/CEE sui rifiuti, la 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e la 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.

Il cosiddetto Decreto Ronchi¹⁵⁴ rappresenta, quindi, la chiave di volta per affrontare in maniera sistemica e organica la gestione del ciclo dei rifiuti urbani. Esso ha introdotto:

- i principi di *“responsabilità condivisa”* e *“chi inquina paga”*;
- il concetto di *“gestione integrata dei rifiuti urbani”*, intendendo con questo termine il coordinamento e l'ottimizzazione dell'insieme delle azioni volte alla raccolta e al trattamento dei rifiuti, col fine di massimizzare il riciclaggio e il recupero, relegando, quindi, lo smaltimento in discarica ad attività residuali del ciclo.

I principi e gli obiettivi del Decreto Ronchi nel corso degli anni sono stati ulteriormente rafforzati dal D.Lgs. 36/2003 che ha recepito la Direttiva 31/1999/CE sulle discariche, dal D.M. 203/03 sugli acquisti verdi della Pubblica Amministrazione, dal D.Lgs. 151/2005 che regola la raccolta e il riciclo dei RAEE, dalla Legge 152/2006 che ha introdotto nuovi obiettivi di raccolta differenziata (il 45% nel 2008 e il 65% nel 2012).

Per un'effettiva responsabilizzazione dei produttori e degli utilizzatori delle diverse tipologie di imballaggi, il Decreto Ronchi ha previsto la costituzione del Consorzio Nazionale Imballaggi (CONAI) conferendogli la responsabilità del raggiungimento degli obiettivi di raccolta e riciclo su tutte le tipologie di imballaggi compresi quelli presenti nei rifiuti urbani.

¹⁵⁴ Decreto legislativo del 5 febbraio 1997, n. 22.

Il CONAI svolge tale ruolo attraverso il coordinamento delle attività dei sei Consorzi di filiera incaricati per il recupero e per il riciclo di carta, legno, plastica, vetro, alluminio e acciaio. La gestione del rapporto tra il CONAI e le Amministrazioni Locali, per gli imballaggi conferiti al servizio pubblico a cui resta il compito della raccolta differenziata, viene definita nell'ambito di uno specifico accordo quadro tra il CONAI e l'ANCI (Associazione Nazionale Comuni Italiani).

L'impianto normativo indicato nel Decreto Ronchi ha gettato le basi per l'avvio di una rete di riciclaggio nazionale basata essenzialmente sullo sviluppo di sistemi consortili di tipo collettivo.

Per **sistema collettivo** si intende una rete nata per assolvere collettivamente agli obblighi che i relativi Decreti Legislativi hanno attribuito loro per gestire il riciclo dei rifiuti. In particolare hanno il compito primario di gestire:

- i flussi di materia (il trasporto e il trattamento e il riciclo/recupero dei relativi rifiuti sull'intero territorio nazionale);
- i flussi monetari;
- i flussi di informazione.

I sistemi collettivi obbligatori (ogni singolo operatore che opera in Italia deve aderire obbligatoriamente a un consorzio) riguardano:

- la gestione imballaggi, tramite il CONAI;
- la raccolta e trattamento degli oli e dei grassi vegetali e animali esausti, tramite il CONOE;
- la gestione, raccolta e trattamento degli oli minerali usati, tramite il COOU;
- la raccolta delle apparecchiature elettriche ed elettroniche (*Waste from Electrical and Electronic Equipment* - RAEE);
- il riciclaggio dei rifiuti in polietilene, tramite il POLIECO.

3.4 Reti per la simbiosi industriale

3.4.1 Il sistema della rete

Tassello fondamentale per capire come gestire in maniera sostenibile la quantità e la qualità dei materiali/rifiuti/risorse che entrano ed escono dal processo produttivo è la disponibilità di reti (tecnologiche, informative, dati) che consentano di far incontrare l'offerta e la domanda di risorse.

La realizzazione di un sistema di reti finalizzato alla minimizzazione della produzione dei rifiuti che supporti in maniera incisiva la simbiosi industriale richiede una conoscenza interattiva tra i vari sistemi produttivi che permette di prevedere l'avvio al recupero e riciclo delle diverse tipologie dei materiali con le fasi stesse della produzione.

Questo sistema di reti oltre ad organizzare il mercato del riciclo dovrebbe, quindi, essere in grado di fornire informazioni quantitative, qualitative e normative

complete e allo stesso tempo mirate ai diversi processi produttivi, permettendo alle aziende di avere materiali con specifiche di riferimento sulla loro provenienza e sulle loro proprietà riducendo quei margini di incertezza che possono scoraggiare i potenziali utilizzatori.

Attualmente in Italia le reti che assolvono questo compito sono principalmente le “reti di filiera”, che si occupano di una specifica tipologia di materiale/prodotto e sono nate e si sono sviluppate in attuazione di Direttive Europee sui rifiuti ed essenzialmente si basano sull'applicazione del principio della “Responsabilità condivisa”; tali reti adesso, per adeguarsi all'evoluzione della normativa europea, devono accompagnare il sistema italiano verso la nuova visione indicata dalla già citata Direttiva 2008/98 CE (“... una società europea del riciclaggio con un alto livello di efficienza delle risorse...”) che sposta gli obiettivi dalla raccolta differenziata all'effettivo riciclaggio.

Tra i principali sistemi di rete nati come recepimento delle direttive europee presenti in Italia indichiamo alcuni rappresentativi per i diversi settori: il sistema CONAI (Consorzio Nazionale Imballaggi) costituito da sei consorzi di filiera (carta, vetro, plastica, acciaio, alluminio, legno) a cui aderiscono obbligatoriamente le società che producono, vendono o utilizzano imballaggi. Il suo compito è favorire il recupero e riciclaggio di imballaggi che costituiscono le frazioni più significative dei rifiuti secchi presenti negli urbani.

Prima dell'avvento del D.Lgs. 188/08, la legislazione italiana aveva disciplinato il settore degli accumulatori al piombo esausti (batterie) mediante l'istituzione, nel 1988, del COBAT - Consorzio Obbligatorio Batterie al piombo esauste e rifiuti piombosi - al quale aveva affidato il compito di garantire, sull'intero territorio nazionale, la raccolta e il successivo riciclo di questa categoria di rifiuto pericoloso.

Per vent'anni il COBAT ha svolto l'attività di raccolta e riciclo delle batterie al piombo esauste, essendo al suo interno presenti i soggetti appartenenti alla filiera (produttori/importatori, riciclatori, aziende di raccolta e artigiani installatori mediante le associazioni di categoria).

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 188/08, in recepimento della Direttiva comunitaria 2006/66/CE, sono state introdotti significativi cambiamenti. Questo decreto disciplina la raccolta, il trattamento, il riciclo e lo smaltimento dell'intero comparto delle pile e accumulatori e dei loro rifiuti (suddivisi in portatili, industriali e per veicoli), e non più soltanto del solo segmento delle batterie al piombo.

Il decreto, inoltre, attribuisce esclusivamente la responsabilità del fine vita dei rifiuti ai produttori di pile e accumulatori, ai quali fa obbligo di istituire e finanziare adeguati sistemi (individuali o collettivi) in grado di garantire l'intera filiera, dalla raccolta, al trattamento, al riciclo/smaltimento finali. Il decreto, determina, inoltre, la liberalizzazione del settore e la comparsa di una pluralità di sistemi di raccolta-trattamento-riciclo-smaltimento che operano contemporanea-

mente, anche inter-filiera (cioè aventi come oggetto la raccolta e il riciclo delle stesse categorie merceologiche di rifiuto), e quindi ha posto fine alla ventennale attività del COBAT nelle vesti di Consorzio obbligatorio unico.

Oggi il COBAT è diventato un sistema collettivo volontario, e vi sono altri sistemi iscritti al Registro Pile e Accumulatori presso la Camera di Commercio.

Il D.Lgs. 188/08 prevede, inoltre, l'istituzione di un Centro di Coordinamento con il compito di ottimizzare le attività di competenza dei sistemi collettivi e individuali a garanzia di omogenee e uniformi condizioni operative, per il raggiungimento di un sistema generale di raccolta quanto più capillare possibile.

Il Centro di Coordinamento è stato recentemente costituito (7 giugno 2011), e dovrebbe essere operativo nel 2012.

Il D.Lgs. 188/08, infine, prevede anche che il Comitato di Vigilanza e Controllo per la gestione dei RAEE, assuma anche la funzione sulla gestione delle pile e degli accumulatori.

Non appena il Centro di Coordinamento diverrà operativo, essendo il soggetto titolare del monitoraggio dei dati, le informazioni che dal 2008 ad oggi, non facendo più riferimento ad un unico soggetto (il COBAT), non erano state rendicontate dovrebbero, quindi, essere aggiornate.

Al sistema di gestione nazionale dei RAEE (D.Lgs. 151/05 in recepimento della Direttiva 2002/96 CE) partecipano tutti i soggetti coinvolti nella filiera dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche in particolare produttori, distributori ed enti locali. Per questo sistema, la legge stabilisce che la responsabilità è affidata ai produttori che devono organizzarsi in Sistemi Collettivi con il compito di avviare al riciclo i RAEE raccolti presso le isole ecologiche presenti su tutto il territorio nazionale.

Questi sistemi collettivi possono essere multifiliera, e operare, quindi, in maniera trasversale su tutte le tipologie di RAEE, oppure specializzati sui singoli raggruppamenti (freddo e clima, elettronica di consumo, sorgenti luminose, ecc.) e gestire soltanto alcune tipologie di prodotto. Questi diversi sistemi operano in regime di libera concorrenza sotto la supervisione del Centro di Coordinamento, che definisce le regole operative e logistiche su tutto il territorio nazionale.

La normativa relativa ai RAEE è in piena evoluzione, infatti nel 2010 è iniziata la procedura di revisione della direttiva sui RAEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment - WEEE*) che regola a livello comunitario la gestione di questi rifiuti. Il Parlamento europeo il 23.1.2012 ha approvato l'aggiornamento della Direttiva 2002/96 CE sulla gestione dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche. Le nuove regole dovranno ora essere approvate formalmente dal Consiglio Europeo per poi essere pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea. Dopodiché gli Stati membri della UE avranno 18 mesi per adeguarsi e recepire le disposizioni nella propria legislazione nazionale. Le principali novità dovrebbero essere:

1. **incremento raccolta e riciclo.** Tutti gli Stati membri entro il 2016 dovranno raccogliere 45 tonnellate di RAEE per ogni 100 tonnellate di beni immessi sul mercato nei tre anni precedenti. Entro il 2019, la cifra dovrà salire al 65%. L'Italia non figura tra i paesi che devono migliorare le loro infrastrutture per raggiungere tali obiettivi e che saranno costretti a richiedere una proroga fino al 2021. Il sistema Italia viene considerato tra i migliori a livello europeo;
2. **piccoli dispositivi elettronici.** Viene affrontato il problema dei piccoli rifiuti elettronici (ad es. telefoni cellulari). La proposta di normativa ha previsto la possibilità di restituire ai rivenditori piccoli dispositivi elettronici nei grandi negozi di settore (da 400 m² in su), senza l'obbligo di acquistare un altro prodotto come previsto nell'attuale decreto "1 contro 1";
3. **la percentuale del tasso di riciclaggio** è portata all'80%. Oltre alla quantità di RAEE raccolti, dovranno incrementare anche i tassi di riciclaggio all'80% attraverso il miglioramento delle tecnologie in modo da recuperare le materie prime più preziose (ad esempio l'oro).

Per quanto riguarda l'Italia, nell'ambito dei 14 decreti ministeriali che il D.Lgs. 152/2005 prevedeva, il 08/03/2010 è stato emanato il DM 65/2010 (1 contro 1). Questo decreto prevede che distributori, a fronte di un nuovo acquisto, dovranno garantire ai consumatori il ritiro dei vecchi RAEE, il loro stoccaggio in luogo idoneo e il trasporto presso i centri di raccolta.

Accanto ai sistemi dei consorzi nati sotto la spinta del recepimento delle direttive europee, in Italia hanno avuto impulso alcune iniziative che, affacciandosi e appoggiandosi a internet e alle potenzialità che da esso derivano, sono finalizzate a promuovere l'incontro tra domanda e offerta delle diverse tipologie di rifiuti tra cui la *Borsa dei rifiuti* e la *Borsa del recupero*:

- la Borsa dei rifiuti (<http://borsarifiuti.com/>), nata nel 2000 grazie ad uno *spin-off* di impresa dell'ENEA di Bologna, è un portale dedicato al riciclaggio dei rifiuti, ai materiali e ai prodotti derivanti dal riciclaggio dei rifiuti;
- la Borsa del recupero (<http://www.borsadelrecupero.it/>) è un servizio messo a disposizione dalle Camere di commercio e gestito dalla società Ecocerved.

Il loro modello funzionale come altre esperienze avviate in altri paesi (*RecycleNet* - USA, *Waste Exchange* - UK, Nazionale *Reststoffenbeurs* - Olanda), tende a ottimizzare le modalità di organizzazione del mercato telematico qualificando gli operatori e i materiali e tramite la gestione telematica avere il monitoraggio degli scambi. Diverse sono le problematiche ancora in essere strettamente legate alla capacità di coinvolgere i diversi soggetti che spesso hanno scarsa conoscenza delle opportunità del recupero e sull'impossibilità spesso di caratterizzare in maniera completa i materiali oggetto di scambio.

Valorizzare ulteriormente le potenzialità e le specificità del mercato dei rifiuti tramite la rete telematica permetterebbe una maggiore diffusione dell'informazione e un maggiore coinvolgimento delle aziende che operano non solo nel settore del recupero ma anche delle aziende che non sono a conoscenza del possibile reimpiego di questi materiali. Tra i tanti elementi per il suo funzionamento sono

essenziali la trasparenza, una disciplina standard per la caratterizzazione univoca del materiale e la conoscenza delle diverse opportunità di recupero.

3.4.2 Lo sviluppo del mercato del riciclaggio e le reti di raccolta

Il contributo del riciclo/recupero dei rifiuti al sistema paese, vista la scarsa quantità di materie prime a disposizione, rappresenta un apporto significativo sia per uno sviluppo economico sostenibile (fatturato e occupazione), sia per conseguire gli obiettivi nazionali indicati dal Protocollo di Kyoto.

Da un'analisi dei rapporti "L'Italia del Riciclo" elaborati e pubblicati da FISE negli ultimi anni¹⁵⁵ ¹⁵⁶ e dal "Rapporto 2008" dell'Osservatorio Nazionale rifiuti (ONR) emerge un quadro che permette di cogliere da un lato la complessità e la accresciuta rilevanza economica del settore della gestione e del recupero dei rifiuti sull'economia del paese diventando pienamente un settore dell'economia nazionale, ma anche la sua criticità in quanto tuttora condizionato dal mercato delle materie prime. Infatti, gli andamenti di mercato dei prezzi delle materie prime condizionano fortemente l'andamento della collocazione delle materie seconde e di ritorno anche quelli delle raccolte differenziate (RD).

"La raccolta differenziata dei diversi materiali - si legge nel rapporto 2008 dell'Osservatorio Nazionale Rifiuti (ONR) - è funzione del sistema di riciclo e della richiesta delle materie seconde da parte del mercato. Le materie seconde sono in stretto rapporto con i valori che le materie prime raggiungono. I mercati delle materie prime e delle materie seconde sono mercati variabili e ciclici che hanno portato negli anni a situazioni alterne in cui la materia seconda poteva essere o meno conveniente rispetto alla materia vergine". Queste criticità di sistema e interdipendenza si riscontrano sia nei periodi di crescita sia in quelli di decrescita, come si evidenzia negli ultimi rapporti "Italia del riciclo 2010" (realizzato da FISE UNIRE insieme alla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile), nel quale vengono analizzate le ripercussioni della crisi degli ultimi anni anche nei settori del riciclo e del recupero nonché le potenzialità di crescita.

Da questo contesto bisogna cogliere le opportune riflessioni per mettere a fuoco il sistema e portarlo a essere un settore guida per l'economia della sostenibilità.

Elemento indispensabile per questo processo, come anche evidenziato nel Rapporto ONR 2008¹⁵⁷, è quello di avere una visione globale nella quale la raccolta differenziata e la valorizzazione delle materie seconde si muovano in sintonia con interventi finalizzati ad un obiettivo comune.

Questo aspetto in particolare viene messo a fuoco esaminando l'andamento delle materie seconde plastiche, che all'inizio del 2008 con l'alto costo del petrolio,

¹⁵⁵ *L'Italia del riciclo 2010* edito da FISE UNIRE e Fondazione per lo sviluppo sostenibile.

¹⁵⁶ *L'Italia del Recupero*, varie edizioni 2002-2010, edito da FISE UNIRE.

¹⁵⁷ Osservatorio Nazionale Rifiuti, Rapporto 2008, Roma.

avevano un prezzo molto competitivo rispetto a quello delle corrispondenti materie prime; alla fine dello stesso anno, con la caduta delle quotazioni del petrolio il loro prezzo è nuovamente calato e sono tornate a essere più convenienti delle plastiche derivanti da materie seconde.

Questa situazione, in un contesto di crisi economica mondiale, ha portato il Corepla (Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio e il Recupero dei Rifiuti di Imballaggi in Plastica) a prendere la decisione di aumentare, nel luglio 2009, il contributo ambientale per ridurre il differenziale (CAC – Contributo Ambientale CONAI - Consorzio Nazionale Imballaggi) a causa della crescente difficoltà a conferire il raccolto differenziato e separato in forme di materie seconde.

Questa decisione di utilizzare i Consorzi come camera di compensazione per riequilibrare il sistema è indispensabile in una economia come quella italiana fortemente dipendente dall'estero in un contesto in cui la filiera riciclo è ancora avviata parzialmente: "il punto centrale in qualsiasi politica di sostegno al riciclo è che queste non possono essere sviluppate a metà. I maggiori oneri, non solo per la raccolta differenziata, ma anche per una corretta introduzione delle materie seconde sul mercato, devono essere considerati indispensabili se finalizzati efficacemente allo scopo"¹⁵⁸.

Quindi, per intervenire su un elemento di criticità, è indispensabile, oltre a cogliere il problema e metterlo a fuoco, individuare uno strumento di intervento tale che i suoi effetti vengano distribuiti lungo tutta la rete della filiera del riciclo, che nei sistemi collettivi e individuali presenti nel nostro paese si sviluppa sempre linearmente. Un singolo soggetto, che costituisce un nodo della rete, è collegato sempre ad un altro singolo soggetto. Questa caratteristica della rete se permette, attraverso i punti nodali, l'individuazione dei passaggi, del ruolo dei diversi soggetti e delle loro responsabilità, può però presentare anche un elemento di debolezza poiché dove un nodo della rete presenta delle criticità queste avrebbero poi delle ripercussioni su tutta la filiera.

In linea teorica, le reti del riciclo si basano essenzialmente sulla realizzazione di tre tipologie di catene riferite ai principali tipi di flusso in esse coinvolte: i flussi di materia, i flussi monetari e quelli di informazione. A queste tre principali catene, che possono essere chiuse o aperte, se ne possono aggiungere altre, anche solo parzialmente, che possono coincidere con una delle prime o dipendere da una di esse. Il fatto che la singola catena dei flussi di materia sia chiusa o aperta dipende non solo dalla tipologia dei materiali, ma anche da fattori economici e da scelte organizzative. Pertanto, la chiusura dei flussi di materia su un nodo dipende anche dalle catene finanziarie e informative.

Sono da considerarsi prevalentemente a catena chiusa gran parte delle catene afferenti al sistema del CONAI, in particolare quella dell'alluminio, del vetro e della carta, mentre è da considerarsi a catena aperta quella delle plastiche.

¹⁵⁸ Osservatorio Nazionale Rifiuti, Rapporto 2008, pag. 12.

3.4.3 Il sistema dei consorzi

Nel presente paragrafo sono riportati sinteticamente alcuni principali consorzi per il riciclaggio che attualmente operano sul territorio italiano (Tabella 3.3). Si osserva che, essendo i consorzi strutture che lavorano per filiera, ossia con un approccio di tipo “verticale”, non rispondono ai meccanismi della simbiosi industriale che invece, come esposto precedentemente, si fonda sul rapporto e sullo scambio di risorse tra “dissimili”, con meccanismi di scambio di tipo “orizzontale”.

Tabella 3.3: Elenco dei principali consorzi per il riciclaggio presenti in Italia

Denominazione		sito web
CONAI	Consorzio Nazionale Imballaggi	http://www.conai.org/
COMIECO	Consorzio nazionale Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica	http://www.comieco.org/
COREVE	Consorzio nazionale per la raccolta, il riciclaggio e il recupero dei rifiuti di imballaggio in vetro prodotti sul territorio nazionale	http://www.coreve.it/
COREPLA	Consorzio nazionale per la raccolta della plastica	http://www.corepla.it/
RILEGNO	Consorzio per la raccolta riciclaggio e recupero di rifiuti di imballaggi in legno	http://www.rilegno.it/
CNA	Consorzio Nazionale Riciclo imballaggi Acciaio	http://www.consorzio-acciaio.org/
CIAL	Consorzio Nazionale Imballaggi in Alluminio	http://www.cial.it/
COBAT	Consorzio Nazionale Batterie Esauste	http://www.cobat.it/
COOU	Consorzio obbligatorio olii usati	http://www.coou.it/
POLIECO	Consorzio per il riciclaggio di rifiuti di beni in polietilene	http://www.polieco.com/
CONIP	Consorzio Nazionale Imballaggi in Plastica	http://www.conip.it/
ASSORIMAP	Associazione Nazionale Riciclatori e Rigeneratori di Materie Plastiche	http://www.assorimap.it/
CONOE	Consorzio Obbligatorio Nazionale di raccolta e trattamento Oli e grassi vegetali e animali Esausti	http://www.conorzioconoe.it/
CDC RAEE	Centro di Coordinamento RAEE	http://www.cdcrree.it/

Il Consorzio Nazionale Imballaggi (CONAI)

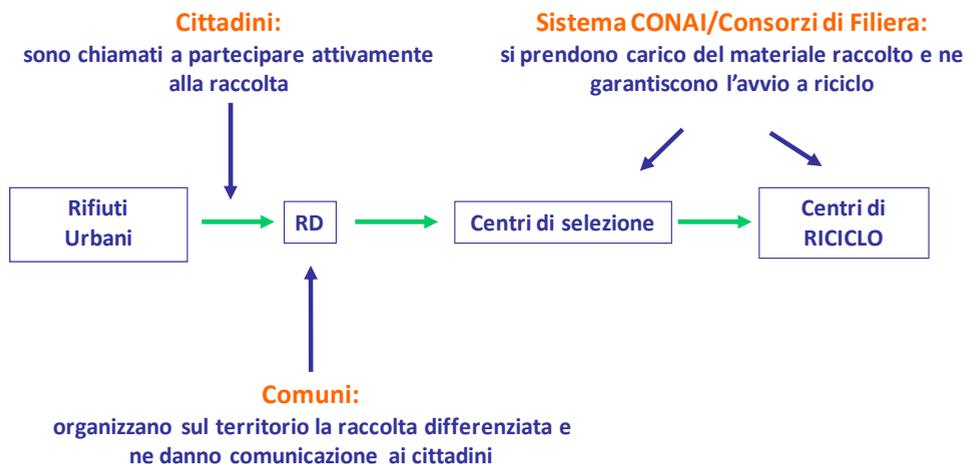
Il CONAI – Consorzio Nazionale Imballaggi – è il consorzio privato senza fini di lucro costituito dai produttori e utilizzatori di imballaggi con la finalità di perseguire gli obiettivi di recupero e riciclo dei materiali di imballaggio previsti dalla legislazione europea e recepiti in Italia attraverso il Decreto Ronchi (ora D.Lgs. 152/06). Il CONAI, l'organismo che il Decreto ha delegato per garantire il passaggio da un sistema di gestione basato sulla discarica ad un sistema integrato di gestione basato sul recupero e sul riciclo dei rifiuti di imballaggio, costituisce una delle realtà consortili più importanti d'Europa con oltre 1.400.000 imprese iscritte.

Il sistema CONAI si basa sull'attività di sei Consorzi rappresentativi dei materiali: Acciaio, Alluminio, Carta, Legno, Plastica e Vetro. I Consorzi, cui aderiscono i produttori e gli importatori, associano tutte le principali imprese che determinano il ciclo di vita dei rispettivi materiali. Il CONAI indirizza e coordina le attività dei sei Consorzi, incaricati del recupero e del riciclo, garantendo il necessario raccordo tra questi e la Pubblica Amministrazione (figura 3.8).

Compito di ciascun consorzio è quello di coordinare, organizzare e incrementare:

- il ritiro dei rifiuti di imballaggi conferiti al servizio pubblico;
- la raccolta dei rifiuti di imballaggi delle imprese industriali e commerciali;
- il riciclaggio e il recupero dei rifiuti di imballaggio;
- la promozione della ricerca e dell'innovazione tecnologica finalizzata al recupero e riciclaggio.

Figura 3.8: Il meccanismo di funzionamento del sistema CONAI per la gestione degli imballaggi primari



Fonte: Schema CONAI

A tal fine i Consorzi stipulano convenzioni a livello locale, con i Comuni e le società di gestione dei servizi di raccolta differenziata, per il ritiro e la valorizzazione degli imballaggi usati conferiti dai cittadini. Il tutto è regolamentato dall'Accordo Quadro ANCI-CONAI.

La convenzione che nell'ambito dell'accordo ANCI-CONAI i consorzi stipulano con le amministrazioni locali è uno strumento volontario che prevede l'obbligo per i convenzionati di conferire il prodotto della raccolta differenziata presso le piattaforme concordate con il consorzio. Ai convenzionati è riconosciuto un corrispettivo economico per il servizio di raccolta svolto, che varia in relazione alla qualità dell'imballaggio conferito.

La tabella 3.4 mostra l'andamento dei rifiuti da imballaggio raccolti in convenzione dai consorzi CONAI e avviati al riciclo e al recupero energetico.

Tabella 3.4: Rifiuti da imballaggio raccolti in convenzione dai Consorzi CONAI e avviati al riciclo e al recupero energetico (kt)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010
ROTTAMI FERROSI	immesso al consumo	562,00	561,00	563,00	537,00	458,00	504,00
	raccolta pubblica	142,00	147,00	151,00	155,00	175,00	164,00
	avvio al riciclo	356,00	369,00	389,00	374,00	356,00	358,00
	recupero energetico	-----	-----	-----	-----	-----	
ALLUMINIO	immesso al consumo	68,80	71,50	71,90	66,50	62,00	64,20
	imballaggi da RD	2,92	3,32	4,32	4,41	6,12	5,97
	avvio al riciclo	33,10	35,10	38,60	38,50	31,20	46,50
	recupero energetico	4,70	4,70	4,80	3,70	3,60	3,50
CARTA	immesso al consumo	4.315,00	4.400,00	4.619,00	4.501,00	4.092,00	4.338,00
	raccolta in convenzione	1.747,00	1.879,00	1.950,00	1.928,00	2.134,00	2.193,00
	avvio al riciclo	2.875,00	2.931,00	3.218,00	3.323,00	3.291,00	3.416,00
	recupero energetico	442,00	401,00	376,00	356,00	328,00	361,00
LEGNO	immesso al consumo	2.788,00	2.852,00	2.860,00	2.720,00	2.094,00	2.233,00
	raccolta imballaggi	126,00	151,00	170,00	153,00	154,00	140,00
	avvio al riciclo	1.400,00	1.517,00	1.539,00	1.445,00	1.208,00	1.338,00
	recupero energetico	287,00	212,00	200,00	69,00	61,00	64,00
PLASTICA	immesso al consumo	2.100,00	2.202,00	2.270,00	2.205,00	2.092,00	2.073,00
	raccolta	360,00	393,00	444,00	529,00	588,00	614,00
	avvio al riciclo	573,00	603,00	665,00	686,00	702,00	711,00
	recupero energetico	627,00	645,00	687,00	664,00	693,00	743,00
VETRO	immesso al consumo	2.117,00	2.133,00	2.157,00	2.139,00	2.065,00	2.153,00
	raccolta consortile	652,00	776,00	893,00	995,00	1.138,00	1.214,00
	avvio al riciclo	1.211,00	1.256,00	1.303,00	1.390,00	1.362,00	1.471,00
	recupero energetico	-----	-----	-----	-----	-----	

Fonte: Elaborazione ENEA su dati CONAI

Il Consorzio nazionale Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica (COMIECO)

Il Comieco è un consorzio di diritto privato senza fini di lucro, operante nelle attività di gestione dei rifiuti da imballaggi a base cellulosica. Costituito nel 1998 ai sensi del D.Lgs. 22/1997 (ma sulla base di un'associazione di imprese del settore cartario esistente sin dal 1985). La sua finalità è il riciclo e il recupero degli imballaggi di origine cellulosica. I Consorziati di Comieco sono produttori, importatori e trasformatori di materiale e di imballaggi cellulosici. In un processo di ottimizzazione del riciclo del materiale proveniente da raccolta differenziata (RD) le cartiere che aderiscono al Consorzio si impegnano a ritirare e riciclare il materiale nella percentuale indicata dal consorzio e che in primo luogo si basa sull'immesso al consumo della cartiera. Nel materiale da conferire si comprende anche le frazioni merceologiche similari costituite dalle carte c.d. grafiche dei giornali anche se per tale materiale non viene corrisposto il contributo CONAI in quanto non afferente al settore degli imballaggi. È importante sottolineare come le attività di raccolta dei rifiuti da imballaggi cartacei siano quelle probabilmente più interessate dalla questione dell'assimilazione, in quanto "...nel rifiuto domestico che è quello più difficile da raccogliere il 25% è imballaggi e il 75% frazione non soggetta al contributo, mentre sulle superfici private (che ai Comuni interessa assimilare) la percentuale di imballaggi secondari e terziari è molto più elevata".

Il Consorzio nazionale per la raccolta, il riciclaggio e il recupero dei rifiuti di imballaggio in vetro prodotti sul territorio nazionale (COREVE)

Il COREVE è un consorzio di diritto privato e senza fini di lucro, costituitosi nel 1997 "....per il raggiungimento degli obiettivi di riciclaggio e di recupero dei rifiuti di imballaggi in vetro generati sul territorio nazionale" (art. 3 dello Statuto COREVE). Il Consorzio organizza, garantisce e promuove a) la ripresa degli imballaggi usati in vetro; b) la raccolta dei rifiuti di imballaggio in vetro secondari e terziari su superfici private o ad esse equiparate; c) il ritiro, su indicazione del CONAI, dei rifiuti di imballaggio in vetro conferiti al servizio pubblico; d) il riciclaggio e il recupero dei rifiuti di imballaggio in vetro. Il vetro si presta ottimamente al riciclo attraverso la semplice rifusione in forno. La qualità del vetro riciclato non si differenzia da quella del vetro nuovo, se non per l'impossibilità di ottenere un prodotto trasparente quindi questo può essere riutilizzato soltanto per le diverse colorazioni. La filiera è, quindi, una filiera chiusa nella quale sono gli stessi produttori della materia prima vergine a farsi carico del riciclo dei rifiuti anche se nell'ambito di una diversificazione del riciclo del rottame di vetro, esso può essere utilizzato anche nella produzione di ceramiche o come componente di mattoni.

Il Consorzio nazionale per la raccolta della plastica (COREPLA)

Il COREPLA è un consorzio di diritto privato, senza fini di lucro, costituitosi nel 1997 “...per il raggiungimento degli obiettivi di riciclaggio e di recupero dei rifiuti di imballaggi in materiale plastico generati sul territorio nazionale” (così l’art. 1 dello statuto consortile). Prima di tale data, la Legge 475/1988 aveva stabilito la costituzione di un consorzio per la raccolta dei contenitori in plastica dei liquidi, denominato Replastic, le cui attività sono quindi confluite in COREPLA.

Il COREPLA, sempre nell’ambito dell’accordo ANCI-CONAI, pur concentrando le proprie attività nel ritiro degli imballaggi primari da raccolta differenziata da superficie pubblica, svolge attività sussidiaria anche in relazione al “circuito privato”, occupandosi di raccolta da privati di imballaggi secondari e terziari di origine industriale. Dal punto di vista operativo, per tale raccolta si avvale di operatori indipendenti, perlopiù associati all’Associazione Nazionale Riciclatori e Rigeneratori di Materie Plastiche (ASSORIMAP) o all’Unione Nazionale Industrie Trasformatrici Materie Plastiche (UNIONPLAST).

Il Consorzio per la raccolta riciclaggio e recupero di rifiuti di imballaggi in legno (RILEGNO)

RILEGNO è un consorzio di diritto privato costituitosi nel 1998 senza fini di lucro. In particolare, il consorzio ha il fine di razionalizzare, organizzare, garantire e promuovere la raccolta degli imballaggi usati, la raccolta dei rifiuti di imballaggio in legno secondari e terziari su superfici private o ad esse equiparate, il ritiro dei rifiuti di imballaggi in legno conferiti al servizio pubblico. A differenza degli altri imballaggi che entrano nel circuito CONAI, i materiali legnosi vengono utilizzati principalmente nella produzione di imballaggi terziari quali *pallets*, casse e gabbie industriali destinati alla movimentazione e trasporto merci, mentre gli imballaggi secondari e primari che sono residuali sono costituiti principalmente da contenitori di dimensioni contenute quali cassette per prodotti ortofrutticoli, cassette di pregio per vini, liquori o distillati, piccole cassette per formaggi e tappi in sughero. Questa caratteristica condiziona fortemente le attività di ritiro dei relativi imballaggi da suolo pubblico in quanto presentano un’incidenza estremamente moderata nel raggiungimento degli obiettivi di raccolta e recupero stabiliti dalla legge. In merito alle attività operative del consorzio, va evidenziato che gli imballaggi terziari possono rientrare almeno in parte nel ciclo di competenza diretta di RILEGNO, a causa dell’assimilazione ai rifiuti urbani anche dei rifiuti prodotti dalle aziende del settore industriale, artigianale e della grande distribuzione organizzata nonché delle frazioni merceologiche similari (es. ingombranti legnosi corrispondenti a rottami di mobilio), le quali possono assumere un peso significativo nei risultati della raccolta. In relazione alle attività consortili e alle modalità operative di questo, RILEGNO, a differenza di tutti gli altri consorzi di filiera, non diviene proprietario dei rifiuti da imballaggi conferiti dalla raccolta organizzata dai Comuni convenzionati che restano inoltre liberi,

anche a fronte della convenzione sottoscritta con RILEGNO, di sottoscrivere accordi con altri operatori secondo le regole del mercato.

Il Consorzio Nazionale Riciclo imballaggi Acciaio (CNA)

Il CNA è stato costituito nel 1997 con il compito di garantire il ritiro, il riciclo e il recupero dei rifiuti di imballaggio in acciaio provenienti dall'utenza sia domestica che industriale.

Il rapporto tra queste due tipologie di flussi viene gestito con una distinzione netta ma in maniera coordinata. In termini operativi i flussi provenienti dai rifiuti urbani anche incrementati per la prassi dell'assimilazione sono a "gestione diretta", mentre per flussi di imballaggi industriali che non passano operativamente dal CNA ma da operatori indipendenti il consorzio cerca di rilevare la loro tracciabilità e a i quantitativi avviati al riciclo direttamente presso le acciaierie.

Il Consorzio Nazionale Imballaggi in Alluminio (CIAL)

IL CIAL è stato costituito nel 1998 e riunisce la filiera industriale degli imballaggi in alluminio destinati al consumo sul territorio nazionale. Il Consorzio Imballaggi Alluminio raggruppa le maggiori aziende di produzione e di trasformazione di imballaggi in alluminio.

La loro produzione rappresenta oltre il 95% degli imballaggi in alluminio immessi sul mercato nazionale.

Il Consorzio obbligatorio olii usati (COOU)

Il Consorzio Obbligatorio degli Oli Usati, così come definito dall'art. 11 del D.Lgs. 95 del 1992 e dal D.Lgs 152 del 2006, ha il compito di garantire la raccolta e il corretto riutilizzo degli oli lubrificanti usati e informare l'opinione pubblica sui rischi derivanti dalla loro dispersione nell'ambiente (v. tabella 3.5).

Tabella 3.5: Rapporto tra olio immesso al consumo e raccolto 2005/2010 dal COOU

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Oli lubrificanti immessi al consumo (kt)	555	542	537	499	399	436
Olio usato raccolto (kt)	213,4	216,2	215,2	212,5	194,2	191,9
Riciclo (%)	38,4	39,9	40,1	42,6	48,7	44

Fonte: Elaborazione ENEA su dati COOU

Il Consorzio per il riciclaggio di rifiuti di beni in polietilene (POLIECO)

Il Consorzio POLIECO è un consorzio obbligatorio senza scopo di lucro istituito con D.M. 15.07.1998 (Approvazione dello Statuto del Consorzio). Sono obbligati a partecipare al Consorzio i produttori, importatori, utilizzatori e distributori di beni a base di polietilene, nonché i riciclatori e i recuperatori di rifiuti a base di polietilene. Non sono oggetto di attività del consorzio gli imballaggi, i beni durevoli, i rifiuti sanitari.

Il Consorzio Nazionale Imballaggi in Plastica (CONIP)

IL CONIP è un consorzio volontario che si è costituito ai sensi dell'art. 38, comma 3, lettera a) del D.Lgs. 22/97 con approvazione dell'Osservatorio Nazionale sui Rifiuti. Il consorzio si occupa di cassette in plastica a fine ciclo vita raccolte su superficie privata. L'obiettivo principale è il riciclaggio e il recupero dei rifiuti di imballaggi rigidi secondari e terziari in materiale poliolefinico, generati sul territorio nazionale.

Esso organizza, garantisce e promuove la ripresa, il ritiro, la raccolta dei rifiuti di imballaggio in materiale plastico secondari e terziari su superfici private o ad esse equiparate nonché il loro riciclaggio e recupero. Il consorzio informa gli utenti di imballaggio in materiale plastico, e in particolare i consumatori del loro ruolo e dei diversi sistemi di raccolta e di recupero disponibili, del significato del marchio apposto sugli imballaggi in materiale plastico e sui pertinenti elementi dei piani di gestione per gli imballaggi e dei rifiuti di imballaggi in materiale plastico.

L'Associazione Nazionale Riciclatori e Rigeneratori di Materie Plastiche (ASSORIMAP)

ASSORIMAP opera dal 1978, rappresentando le aziende che riciclano o rigenerano materie plastiche pre-consumo e post-consumo, nell'ambito dei consorzi nazionali previsti dalla legge e in altri ambiti pubblici e privati. Obiettivo di ASSORIMAP è valorizzare la filiera attraverso sinergie dando al riciclo meccanico delle materie plastiche un ruolo centrale nella gestione dei rifiuti.

Il settore, sviluppatosi a partire dagli anni 50, è costituito da un insieme di circa 300 imprese che occupano direttamente circa 2000 addetti e che hanno una capacità di riciclo di oltre 1.500 kton/anno.

Il Consorzio Obbligatorio Nazionale di raccolta e trattamento Oli e grassi vegetali e animali Esausti (CONOE)

IL Consorzio Obbligatorio Nazionale di raccolta e trattamento oli e grassi vegetali e animali esausti (CONOE), costituitosi ai sensi del D.Lgs. 22/97 il 1° ottobre 1998, ha la funzione di controllo e monitoraggio della filiera oli e grassi esausti per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica. La funzione del consorzio CONOE è di assicurare su tutto il territorio nazionale il trasporto, lo stoccaggio, il trattamento

e il recupero della filiera oli e grassi esausti (codice CER 200125) ai fini ambientali a tutela della salute pubblica e diminuire progressivamente la dispersione riducendo così l'inquinamento.

Il Consorzio è operativo dal 2001 su tutto il territorio italiano grazie all'apporto dei suoi fondatori: associazioni di raccoglitori (ANCO), di rigeneratori (Anirog e Aroe) e di produttori quali Confcommercio, Confartigianato, CNA, Federalberghi, Fipe e Una-Confindustria, cui si è aggiunta di recente anche Coldiretti. Direttamente o tramite le loro associazioni partecipano al Consorzio oltre 120.000 imprese: l'intera filiera è dunque rappresentata.

La tabella 3.6 riporta la successione della raccolta e riciclo di olii e grassi vegetali operati dal CONOE tra il 2006 e il 2010.

Tabella 3.6: Raccolta e riciclo di olii e grassi vegetali operati dal CONOE (kt)

2006	2007	2008	2009	2010
32	35	40	42	43

Fonte: CONOE

Il Centro di Coordinamento RAEE (CDC RAEE)

Il Centro di Coordinamento RAEE è costituito dai Sistemi Collettivi istituiti per la gestione dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), in adempimento all'obbligo previsto dal Decreto Legislativo 25 Luglio 2005 n. 151 e successive modificazioni e integrazioni. Esso è finanziato e gestito dai produttori e ha per oggetto l'ottimizzazione delle attività di competenza dei Sistemi Collettivi, a garanzia di comuni, omogenee e uniformi condizioni operative. Da un punto di vista giuridico il Centro di Coordinamento è un consorzio di natura privata, gestito e governato dai Sistemi Collettivi sotto la supervisione del Comitato di Vigilanza e Controllo. Il ruolo primario del Centro di Coordinamento è quello di garantire che tutto il paese venga servito e che tutti i Sistemi Collettivi lavorino con modalità e in condizioni operative omogenee.

Il Centro di Coordinamento, oltre a stabilire come devono essere suddivisi tra i diversi Sistemi Collettivi i centri di raccolta RAEE, rende disponibile a questi ultimi un *call center* nazionale quale unico punto di interfaccia per le richieste di ritiro. Il Centro di Coordinamento è aperto a tutti i Sistemi Collettivi dei produttori che, al fine di adempiere alla normativa ai sensi del Decreto Legislativo 151/2005, hanno l'obbligo di iscrizione allo stesso.

Tabella 3.7: RAEE - Imnesso al consumo e raccolto per i 5 raggruppamenti (2009, 2010 - kt)

	Raggruppamento	R1	R2	R3	R4	R5	Tot
2009	AEE immessi	160,61	292,14	74,31	341,71	13,05	881,81
	RAEE raccolti	56,96	46,60	57,95	30,88	0,65	193,04
2010	AEE immessi	161,19	301,79	78,11	334,93	14,21	890,23
	RAEE raccolti	66,18	59,93	81,03	37,40	0,80	245,35

Fonte: Elaborazione ENEA su dati Centro di Coordinamento RAEE

I Produttori di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche hanno dato vita ad una serie di Sistemi Collettivi, alcuni dei quali specifici per tipologia di prodotti (rifiuti) e altri trasversali a tutti i RAEE. I Sistemi collettivi volontari e senza fini di lucro nati a seguito della normativa sui RAEE sono:

- **ECODOM**, Consorzio Italiano Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici, costituito dai principali Produttori che operano nel mercato italiano dei grandi elettrodomestici (frigo, cottura, lavaggio, cappe e scaldacqua);
- **ECOLAMP**, Consorzio per il recupero e lo smaltimento delle sorgenti luminose e degli apparecchi di illuminazione;
- **RE.MEDI@**, Consorzio operante nei settori dell'elettronica di consumo, dell'informatica, delle telecomunicazioni, della climatizzazione, dei giocattoli, degli strumenti musicali e degli orologi;
- **ERP**, *European Recycling Platform*, è un società attiva già in altri paesi UE per la gestione di tutte le tipologie di RAEE;
- **ECOLIGHT**, Consorzio per il recupero e lo smaltimento delle apparecchiature di illuminazione e delle sorgenti luminose;
- **ECOPED**, Consorzio per il trattamento dei piccoli elettrodomestici;
- **EcoR'it**, Consorzio per la gestione di tutte le tipologie di RAEE;
- **RIDOMUS**, Consorzio per il recupero e lo smaltimento di condizionatori, climatizzatori e deumidificatori ad uso domestico;
- **ECOSOL**, Consorzio per la gestione di tutte le tipologie di RAEE;
- **ECOELIT**, Consorzio per il trattamento di elettro-utensili;
- **RAECYCLE**, Sistema collettivo per la gestione di tutte le tipologie di RAEE;
- **RAEE-PMI**, Consorzio per lo smaltimento di prodotti elettronici riservato alle piccole e medie aziende.

4 GREEN JOBS E SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

4.1 Trasformazioni del lavoro e nuovi bisogni formativi: quali implicazioni per le politiche

Il tema delle trasformazioni lavorative e dei bisogni formativi legati all'avanzare della cosiddetta "economia verde" è una materia in continua evoluzione e ancora abbastanza inesplorata dalla ricerca sociale. La definizione delle politiche per il lavoro e per il sostegno delle attività produttive *green* richiede ancora che sia fatta una maggior chiarezza circa i settori produttivi maggiormente interessati, le professioni e i lavori coinvolti, le caratteristiche delle figure professionali "chiave" e le competenze che esse richiedono. La programmazione degli interventi di *policy* da attuare nell'ambito dello sviluppo eco-compatibile non può prescindere, infatti, da feconde sinergie tra le politiche energetico-ambientali, quelle industriali, le politiche del mercato del lavoro e della formazione e della ricerca.

Occorre anche definire che cosa si intenda per industria "verde" e per lavoro "verde", operazione non facile per molti limiti e ambiguità tuttora esistenti a tale riguardo. La difficoltà deriva sia dall'attuale mancanza di uno sforzo di sistematizzazione dei vari contributi esistenti sul tema (numerosi ma frammentari), sia dall'ancora insufficiente livello di consapevolezza ambientale presente nel mondo del lavoro.

La difficoltà di delinearne con precisione i confini delle attività *green* e dei loro effetti è anche da ricercare nei processi di decentramento produttivo in atto a livello internazionale, dei fenomeni di globalizzazione dell'economia, che costringono al confronto con realtà economiche e professionali profondamente diverse.

4.1.1 Un problema di definizioni ancora aperto

Sono le Nazioni Unite¹⁵⁹ che per prime mettono ordine intorno ad una serie di definizioni legate ai cosiddetti "lavori verdi" e alla "*green economy*", definizioni che stanno diventando di uso comune. L'UNEP (*United Nations Environment Programme*) propone un punto di vista integrato del problema e una visione globale dell'impatto che le trasformazioni indotte dalla *green economy* possono avere sul lavoro e sull'impresa. Questa visione globale tiene insieme l'aspetto ambientale, legato alle sfide che la sostenibilità pone, e quello sociale, legato alle sfide che il lavoro pone nelle società, soprattutto legate alle condizioni di "insostenibilità sociale" in cui viene svolto. Sfida ambientale e sociale sono coniugate nel Rapporto UNEP intorno alla definizione di "*green and decent work*". Il *green job* è pertanto quel lavoro che riduce gli impatti ambientali delle imprese

¹⁵⁹ ILO-Unep, *Green Jobs: Towards decent work in a sustainable low carbon world*, 2008.

e dei settori economici ai livelli della sostenibilità; può riguardare l'agricoltura e l'industria, ma anche la produzione di servizi e la pubblica amministrazione e preserva, o ristabilisce, la qualità dell'ambiente. Questa definizione include sia i lavori legati ad attività quali riciclaggio e riuso di materiali, sia lavori legati ad attività finalizzate ad un più efficiente uso di risorse non rinnovabili e di energia rinnovabile, sia, infine, lavori in ricerca e sviluppo e marketing di prodotti e servizi *green*. In una accezione ancora più ampia, ma coerente, potrebbero ricadere in tale definizione anche attività economiche che dipendono dalla qualità ambientale, come ad esempio l'ecoturismo. Il *decent work*, invece, è l'opportunità per una persona di avere un lavoro in condizioni di libertà, equità, sicurezza e dignità umana.

Lungo la direzione tracciata dall'UNEP si trovano altre definizioni che enfatizzano un approccio olistico al concetto di *green job*, riconoscendo implicitamente che la sostenibilità va ben oltre la protezione ambientale. La federazione industriale tedesca¹⁶⁰, ad es., pone l'accento proprio sull'importanza dell'interdipendenza tra dimensione sociale, economica e ambientale del lavoro e sostiene che una definizione più ampia può aiutare ad evitare di porre troppa enfasi su specifiche aree produttive, come le energie rinnovabili, a scapito di altri settori ugualmente significativi per il contributo che forniscono alla sostenibilità.

Analogamente è da segnalare il dibattito in corso negli Stati Uniti sulla definizione di lavoro verde e sulle attività economiche coinvolte¹⁶¹. Le classificazioni proposte dall'Ufficio statistico federale, la cui definizione è finalizzata alla realizzazione di valutazioni delle misure e dell'impatto delle politiche di protezione dell'ambiente e di conservazione delle risorse naturali sul mercato del lavoro, sono articolate in due dimensioni. Sono considerati *green jobs*:

- 1) i lavori che producono beni e/o servizi di cui si avvantaggia l'ambiente e/o le risorse naturali. Questi beni e servizi sono venduti ai clienti e includono la ricerca e sviluppo e i servizi di manutenzione;
- 2) i lavori in cui i compiti dei lavoratori riguardano processi produttivi "environmental friendly" o che riducono il consumo di risorse naturali.

Tra i lavori *green* sono inclusi anche i servizi (oltre ai beni materiali) e sono considerati rilevanti sia i prodotti che i processi.

Anche Eurostat¹⁶² preferisce riferirsi alla classificazione di beni e servizi

¹⁶⁰ BDA, *Towards a new understanding of "green jobs"*, a discussion paper from German employers, 2009, http://www.ioe-emp.org/fileadmin/user_upload/documents_pdf/globaljobscrisis/documentsfrommembers/Towards_a_new_understanding_of_green_jobs_a_discussion_paper_German_employers_BDA.pdf

¹⁶¹ Si veda il bollettino federale: Federal Register / Vol. 75, No. 182 / Tuesday, September 21, 2010 / Notices.

¹⁶² Eurostat, *The Environmental Goods and Services Sector. A Data Collection Handbook*, 2009, http://circa.europa.eu/Public/irc/dsis/pip/library?l=/environmental_services/egss_collection/handbook_finalpdf/_EN_1.0_&a=d

ambientali (piuttosto che di *green job*) che prevengono o minimizzano l'inquinamento e riducono l'uso delle risorse naturali. Come conseguenza si ha che le attività ambientali sono divise in due grandi segmenti: protezione ambientale e gestione delle risorse. Ma solo le attività che hanno come obiettivo primario quello di proteggere l'ambiente o di gestire le risorse ambientali in maniera sostenibile rientrano in questa categoria.

Esistono, inoltre, ulteriori studi che hanno affrontato il tema dei lavori verdi da punti di vista diversi. Ad esempio il Cedefop (l'Agenzia europea per la promozione dello sviluppo dell'istruzione e della formazione professionale – IFP - nell'Unione europea) ha recentemente condotto uno studio¹⁶³ per esaminare le competenze necessarie per sviluppare una economia a bassa produzione di carbonio in alcuni stati membri dell'Unione. Dallo studio emerge che il confine tra i lavori a bassa produzione di carbonio e quelli che non lo sono si sta assottigliando e che molte delle competenze necessarie per i lavori a bassa emissione di carbonio si possono trovare nelle occupazioni esistenti.

In soli due anni il dibattito sulla definizione dei *green jobs* e sul contributo potenziale dei diversi settori produttivi alla *green economy* ha suscitato molto interesse. In ogni caso è appena iniziato il processo di condivisione delle definizioni e delle strategie da mettere in campo per favorire i processi *green*. Nel campo delle definizioni si è visto che la differenza sta nell'enfasi posta da alcuni sui lavori (e settori economici) che direttamente forniscono un contributo alla riduzione della produzione di carbonio, contro coloro che invece adottano un approccio olistico che considera tutti i settori economici significativi ai fini del contributo che possono fornire per uno sviluppo sostenibile.

Nel nostro paese si osserva una difficoltà ad approdare a definizioni condivise, difficoltà anche legata alla scarsa consapevolezza ambientale che si riscontra del mondo del lavoro.

4.1.2 Settori produttivi e lavori maggiormente interessati

Nonostante la complessità del processo di attribuzione di definizioni condivise, che rallenta la possibilità di trarre conclusioni generali dallo studio del fenomeno, alcune indagini¹⁶⁴ giungono a distinguere alcuni gruppi di figure professionali che si avvantaggiano dell'economia "verde":

1. un gruppo di professioni che ne beneficiano indirettamente ma che non richiedono l'acquisizione di nuove competenze per gestire il proprio lavoro;
2. un gruppo di figure professionali provenienti dai settori in crisi le quali possono "rivitalizzarsi" dalla crescita delle tecnologie verdi, senza che ciò

¹⁶³ Cedefop, *Skills for green jobs: European synthesis report*, 2010; cfr. anche OIL, *Skills for green jobs: global synthesis report*, 2010.

¹⁶⁴ Cedefop, *Skills for green jobs: European synthesis report*, 2010; Cfr. anche OIL, *Skills for green jobs: global synthesis report*, 2010.

- implichi l'esigenza di una profonda integrazione di competenze (lavoratori del manifatturiero "versatili");
3. un gruppo di professioni che lavorano a diretto contatto con le tecnologie "verdi" e che hanno bisogno o di aggiornamento o di una nuova qualificazione. È in questo caso che si può parlare a pieno titolo di "occupazioni verdi".

Alcune figure corrispondono a nuove professioni e a nuovi profili non ancora precisamente inquadrati nel sistema di classificazione ufficiale (Repertori); in altri casi si tratta invece di lavoratori tradizionali riqualificati. Lo spazio professionale che intercorre tra questi due poli si caratterizza da una molteplicità di sfumature intermedie.

In un'altra indagine¹⁶⁵ condotta recentemente in California vengono selezionati i settori produttivi *green* da esaminare:

1. produzione di energia da fonti rinnovabili;
2. riciclaggio di materiali;
3. ricerca sviluppo e produzione di tecnologie di efficienza energetica;
4. formazione, "education", consulenza sui temi della *green economy*;
5. produzioni con materiali naturali (ad es. agricoltura sostenibile, uso di materiali riciclati ecc.).

I risultati mostrano come i settori 2 e 3 siano quelli che sviluppano maggiore occupazione verde e che circa l'8% delle imprese californiane occupa lavoratori che forniscono beni e/o servizi verdi. Una delle conclusioni più interessanti della ricerca sostiene che gli impatti della produzione verde sul lavoro possono assumere sfumature diverse:

- a. non si producono mutamenti sostanziali nel lavoro e nei requisiti richiesti (i *task* non cambiano). I nuovi *greenskills* si configurano come "supplementari" e potrebbero aumentare l'occupabilità dei lavoratori tradizionali;
- b. si verificano cambiamenti significativi (i *task* sono diversi) – i nuovi *green skills* sono "necessari" per il mantenimento del posto nell'occupazione tradizionale e diventano un requisito per l'impiego;
- c. i nuovi *green skills* determinano la "transizione" a nuovi lavori, portando ad un'occupazione completamente nuova: le occupazioni verdi emergenti.

Quanto sopra, in altri termini, significa che l'occupazione è influenzata dalla *green economy* in vari modi¹⁶⁶:

1. trasformazione e adattamento delle attuali figure alle nuove qualifiche;
2. sostituzione di professionalità tradizionali;
3. creazione di nuove professionalità (le "occupazioni verdi").

¹⁶⁵ State of California, Employment Development Department, *California's Green Economy*, October 2010.

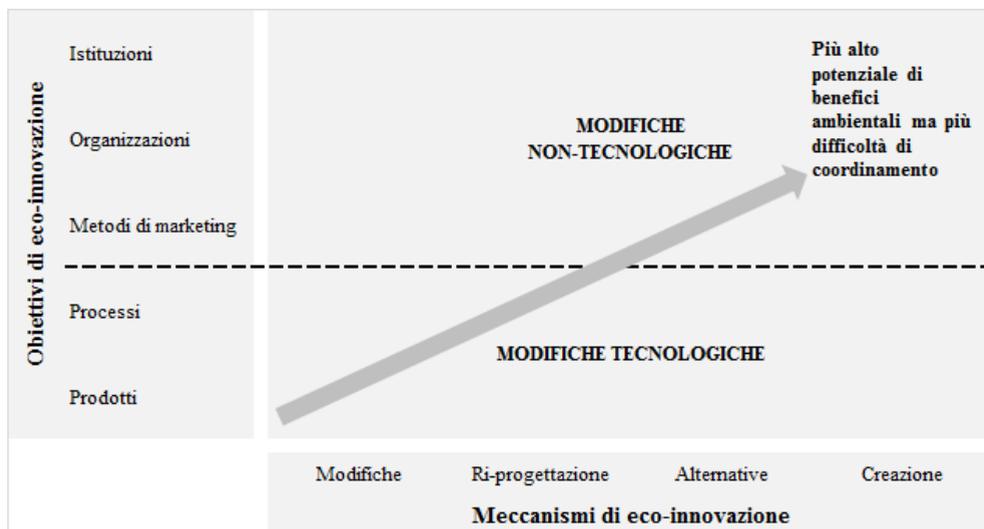
¹⁶⁶ Vedi anche IRES - CGIL, *Lotta ai cambiamenti climatici e fonti rinnovabili. Gli investimenti, le ricadute occupazionali, le professionalità*, Rapporto di ricerca, 2010.

C'è consenso nel considerare l'innovazione come motore essenziale per lo sviluppo e la creazione di occupazione verde nei settori non solo legati alle fonti rinnovabili, ma anche all'edilizia di qualità, al trasporto e alla produzione di beni e merci a basso impatto ambientale, al riciclo di rifiuti, al turismo, all'agricoltura di qualità.

L'OCSE definisce innovazione "...l'implementazione di un nuovo o migliore prodotto (bene o servizio), o processo, o metodo di *marketing*, o metodo organizzativo nelle prassi aziendali e nell'organizzazione del lavoro"¹⁶⁷. L'eco-innovazione, oltre alle caratteristiche ora enunciate, produce una riduzione dell'impatto ambientale, non importa se intenzionale oppure no; il suo scopo può andare oltre i confini organizzativi tradizionali e coinvolgere organizzazioni sociali più ampie che innescano cambiamenti nelle norme e nelle istituzioni esistenti (figura 4.1).

È evidente come la relazione tra produzione e territorio diventi strategica e come i confini dell'eco-innovazione siano riferibili a contesti più ampi, che devono entrare in gioco nelle politiche.

Figura 4.1: Le facce dell'eco-innovazione



Fonte: Martinez-Fernandez, C., C.Hinojosa & G.Miranda (2010), "Greening Jobs and Skills: Labour Market Implications of Addressing Climate Change", working document, Local Employment and Economic Development (LEED) Programme

¹⁶⁷ Martinez-Fernandez C. , C. Hinojosa & G. Miranda, *Greening Jobs and Skills: Labour Market Implications of Addressing Climate Change*, working document, Local Employment and Economic Development (LEED) Programme, OECD, 2010, (www.oecd.org/document/32/0,3343,en_2649_34417_43157920_1_1_1_1,00.html)

4.1.3 Implicazioni per le politiche

Le implicazioni per le politiche sono sia di livello locale che sopranazionale. Il Consiglio d'Europa invita la Commissione europea ad approfondire maggiormente il ruolo delle politiche per l'occupazione per far fronte ai temi del cambiamento climatico e la sostenibilità e propone *step* ulteriori per il 2011, attraverso l'adozione di orientamenti per le politiche per l'occupazione indirizzate a preparare il mercato del lavoro verso la transizione relativa alla *green economy*. Anche il ruolo dei Fondi strutturali viene messo sotto osservazione; essi potrebbero accelerare la transizione e supportarla¹⁶⁸.

Il livello locale può fornire un contributo chiave alle strategie di sviluppo del capitale umano e al processo che vedrà trasformare alcuni profili professionali e crearne di nuovi. Le istituzioni che governano i mercati del lavoro locali dovrebbero essere in grado di fornire orientamenti strategici per implementare programmi e servizi adeguati a far fronte al cambiamento poiché essi dovrebbero avere una conoscenza più dettagliata delle pratiche aziendali, delle condizioni economiche locali e potrebbero identificare i bisogni di *skills* verdi.

All'interno di questo quadro la formazione gioca un ruolo centrale, assumendo connotati molto diversi, caratterizzandosi sia nella riconsiderazione di programmi formativi esistenti, attraverso una modifica dell'offerta corrente, sia nella pianificazione di interventi non *standard* che portano all'acquisizione di una nuova professionalità.

Lo sviluppo di processi formativi nel campo dell'economia verde è importante, sia per acquisire nuove professionalità nei vari comparti, sia per puntare alla riqualificazione, specializzazione e aggiornamento di quelle già acquisite. A tale fine è necessario un preciso sforzo di coordinamento delle attività scolastico-formative, per favorire lo scambio tra istruzione e mercato del lavoro e tra sistemi formativi e mondo produttivo. È importante perciò conoscere il *mismatch* esistente tra le competenze offerte e quelle richieste, intensificando ricerche e indagini empiriche nella realtà investita dalle riconversioni verdi.

4.2 L'economia Italiana e i suoi risultati in termini di sviluppo sostenibile

4.2.1 Introduzione

Il presente capitolo vuole analizzare il rapporto tra eco-innovazione dei processi produttivi e competitività. La teoria aziendalista, oggi, considera gli obiettivi ambientali e la relativa regolamentazione un fondamentale impulso alla

¹⁶⁸ European Employment Observatory Review, *The Employment Dimension of Economy Greening*, Bruxelles, 2009.

competitività delle imprese e del sistema economico nel suo complesso. Le analisi di Porter, Van der Linde, Esty e Grant¹⁶⁹ hanno dimostrato come l'attenzione nei confronti dell'ambiente e i relativi strumenti di gestione e di analisi, quali ad es. l'ecologia industriale e la LCA, abbiano una ricaduta positiva sulla competitività della singola azienda, dei fornitori/clienti di questa e sulla competitività complessiva del sistema locale. L'ambiente naturale, in un certo qual modo, è passato dall'essere una fonte inesauribile di risorse naturali della funzione di produzione ad essere una variabile complessa dello sviluppo e delle strategie aziendali in termini di produttività delle risorse e capacità innovativa. Nella tabella 4.1 sono riportati alcuni esempi tratti da Bonifant, Ratcliffe e Van der Linde¹⁷⁰ sugli effetti positivi delle pratiche ambientali sulla competitività aziendale.

Tabella 4.1: Esempi di effetti positivi dei miglioramenti ambientali sulla competitività aziendale

Settore	Problematica ambientale	Innovazione	Competitività
Carta e polpa	Rilascio di diossina nel processo di sbiancaggio con cloro	Miglioramento processi di cottura e lavatura. Eliminazione del cloro tramite ossigeno, azoto o perossido per lo sbiancamento. Tentativo di processo <i>closed loop</i>	Riduzione dei costi operativi grazie alla cogenerazione di energia. <i>Premium price</i> del 25% per la carta "senza cloro"
Produzione materiali elettronici	Componenti organiche volatili nei materiali di pulizia	Prodotti detergenti semiacquosi, processo <i>closed loop</i> . Tecniche di saldature senza pulizia	Abbattimento dei costi di pulizia tra il 30 e 80%, eliminazione di una fase del processo produttivo. Miglioramento qualità prodotto
Frigoriferi	Utilizzo di gas CFC per refrigerazione, alto consumo energetico, smaltimento	Nuovi gas refrigeranti, miglioramento materiali isolamento e compressori	Miglioramento del 10% nell'efficienza energetica a parità di costo del prodotto, <i>premium price</i> tra il 5 e il 10%

Fonte: Van der Linde (1994); Bonifant, Ratcliffe (1994)

¹⁶⁹ Van der Linde C., Porter Michael E., *Green and competitive: ending the stalemate*, HBR 1995; Porter M. E., and Van der Linde C., 1995, "Towards a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", in *Journal of Economic Perspectives*, 9, No 4; D, Easty and M. Porter: "Industrial ecology and competitiveness, strategic implication for the firm", in *Journal of industrial ecology*, 1998; Grant Robert M., "The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation", in *California management review*, 1991.

¹⁷⁰ Bonifant B., Retcliff I., *Competitive implications of environmental regulation in the pulp and paper industry*, MIEB, 1994; Van der Linde ibidem.

4.2.2 Il quadro di riferimento italiano

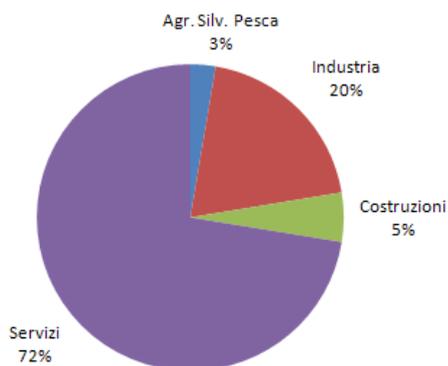
La globalizzazione dell'economia, con l'esuberante sviluppo della struttura industriale di paesi come India e Cina, e la grave crisi finanziaria che ha colpito il sistema produttivo mondiale hanno accelerato in modo brusco le tensioni competitive, ambientali e sociali che debbono essere affrontate senza compromettere, quando possibile, le opportunità di sviluppo.

L'analisi che segue cerca di mettere in evidenza come l'eco-innovazione, basata sui principi dello sviluppo economico sostenibile, abbia contribuito al miglioramento della competitività del sistema economico italiano. In particolare si analizza l'applicazione di tecnologie e processi eco-compatibili ai principali settori industriali e all'offerta di servizi, valutandone l'impatto in termini di miglioramento della produttività e dei risultati economici.

L'Italia rientra tra le principali economie mondiali con un PIL complessivo pari a circa 1.500 miliardi di euro nel 2009 (valori espressi a prezzi correnti, fonte ISTAT, Italia in cifre 2010).

Come tutte le economie avanzate anche l'Italia presenta una forte preponderanza dei servizi e del settore industriale nella propria struttura economica sia in termini economici (figura 4.2) che occupazionali (figura 4.3).

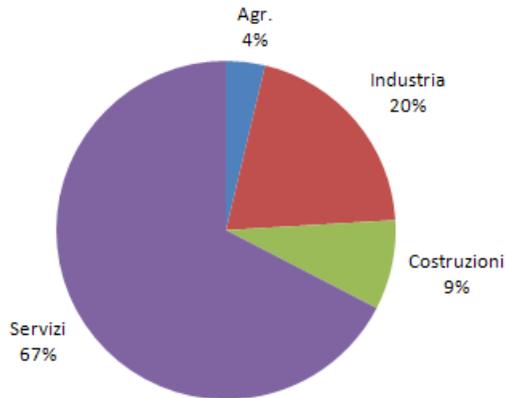
Figura 4.2: Composizione della struttura produttiva italiana (Primo trim. 2010, % rispetto al valore aggiunto)¹⁷¹



Fonte: Elaborazione ENEA su dati ISTAT-banca dati on-line

¹⁷¹ **Valore aggiunto:** secondo la definizione dell'ISTAT, è la risultante della differenza tra il valore della produzione di beni e servizi conseguita dalle singole branche produttive ed il valore dei beni e servizi intermedi dalle stesse consumati (materie prime e ausiliarie impiegate e servizi forniti da altre unità produttive). Corrisponde alla somma delle retribuzioni dei fattori produttivi e degli ammortamenti. Può essere calcolato ai prezzi di base o ai prezzi di mercato (Sistema Europeo dei Conti, SEC 95).

Figura 4.3: Composizione della struttura produttiva italiana (Primo trim. 2010, % rispetto al numero di occupati per settore)



Fonte: Elaborazione ENEA su dati ISTAT –banca dati on-line

Il prossimo paragrafo si concentra prevalentemente sul settore manifatturiero dove maggiore è l’impatto dell’eco-innovazione. Il settore servizi è valutato nei suoi segmenti, quali il turistico, che maggiormente presentano impatti ambientali. Le tecnologie di gestione delle risorse naturali sono esaminate in riferimento al ciclo di gestione delle acque e alla gestione dei rifiuti anche nel contesto delle attività di gestione dei centri urbani.

L’analisi del settore manifatturiero, inoltre, descrive, in maggior dettaglio, una caratteristica tipica dell’economia italiana, cioè la realtà distrettuale delle piccole e medie imprese; dopo un’analisi delle caratteristiche generali del rapporto tra impresa e territorio si descriveranno brevemente i processi di trasformazioni delle realtà distrettuali di fronte alla recente crisi economica/finanziaria.

Segmenti quali le comunicazioni, i servizi ICT, la logistica e i servizi finanziari, che sono “trasversali” e di supporto alla competitività e produttività del sistema economico e del settore manifatturiero, non sono qui analizzati in modo specifico.

In conclusione si presentano le principali criticità del “sistema Italia” in termini di sostenibilità economica, sociale e ambientale evidenziate nel rapporto annuale dell’ISTAT.

4.2.3 Il settore industriale manifatturiero

Nel biennio 2008-09 il settore industriale ha registrato un calo generalizzato (figura 4.4) della produzione, del fatturato e degli investimenti, specialmente nei comparti dei beni di investimento e intermedi. Fra i settori tradizionali sono calati significativamente il tessile, il calzaturiero e la produzione di mobili. Nelle due figure successive si mostra la composizione, in termini percentuali di fatturato, del settore industriale nel periodo immediatamente precedente alla crisi economica

(anno 2007) e il successivo calo del fatturato nel comparto manifatturiero, per tipologia di produzione. La variazione 2008 su 2007 è calcolata sugli indici di fatturato (base anno 2000=100) per tipologia di produzione (figura 4.5, figura 4.6).

Figura 4.4: Andamento della produzione industriale in Italia (2005-primo trim. 2010, valore aggiunto in milioni di euro)



Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT –banca dati

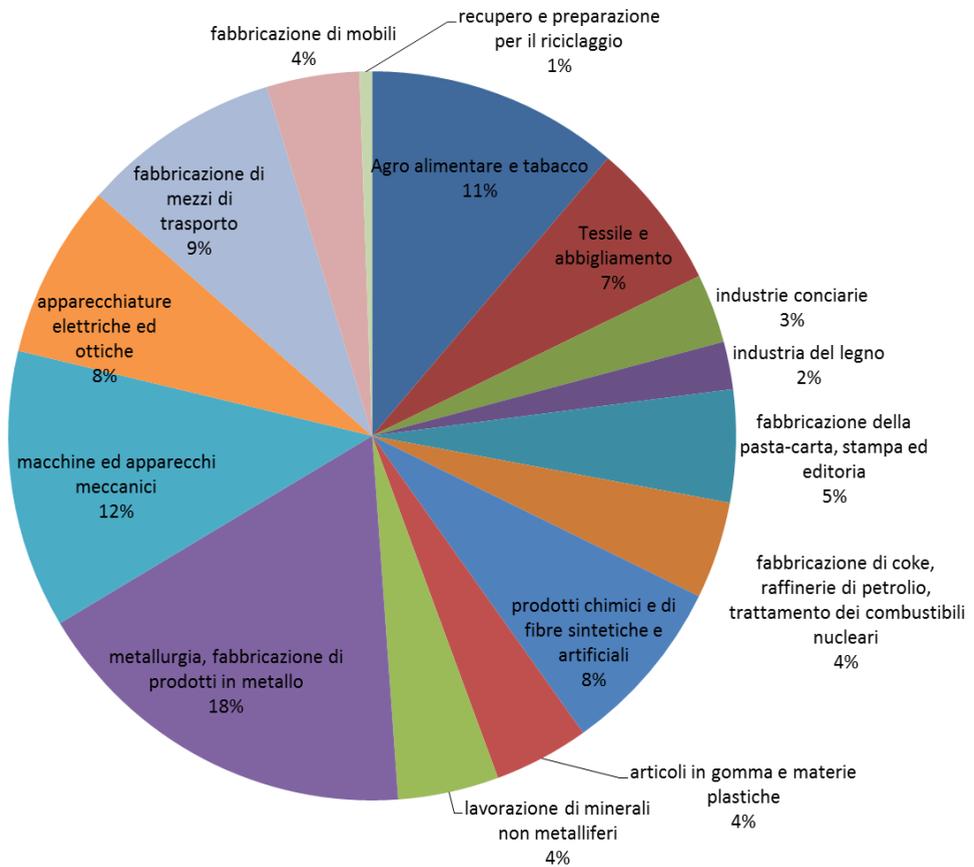
Secondo uno studio della Banca d'Italia¹⁷², molte imprese per rispondere alla crisi hanno modificato le strategie e i prodotti: fasi di lavorazione in precedenza esternalizzate sono state riportate all'interno delle aziende, sono cambiate tipologia e qualità dei prodotti offerti; si è intensificata la ricerca di nuovi mercati di sbocco e lo sviluppo di accordi di collaborazione tecnico-produttiva con imprese estere. Lo studio di Banca d'Italia, inoltre, mette in evidenza come l'innovazione e la ricerca siano alla base della competitività aziendale. Le imprese, infatti, che prima della crisi avevano attuato ristrutturazioni tecniche o organizzative, e quelle che avevano maggiormente investito in innovazione e ricerca, presentano aspettative di crescita più favorevoli delle altre.

Dal secondo semestre del 2009 si è avviata una moderata ripresa, sostenuta dal graduale miglioramento delle esportazioni e dall'avvio di un lieve cambiamento, come analizzato dal centro studi Confindustria¹⁷³, della composizione settoriale dell'industria italiana.

¹⁷² Banca d'Italia, *Economie regionali: L'economia delle regioni italiane*, 2010.

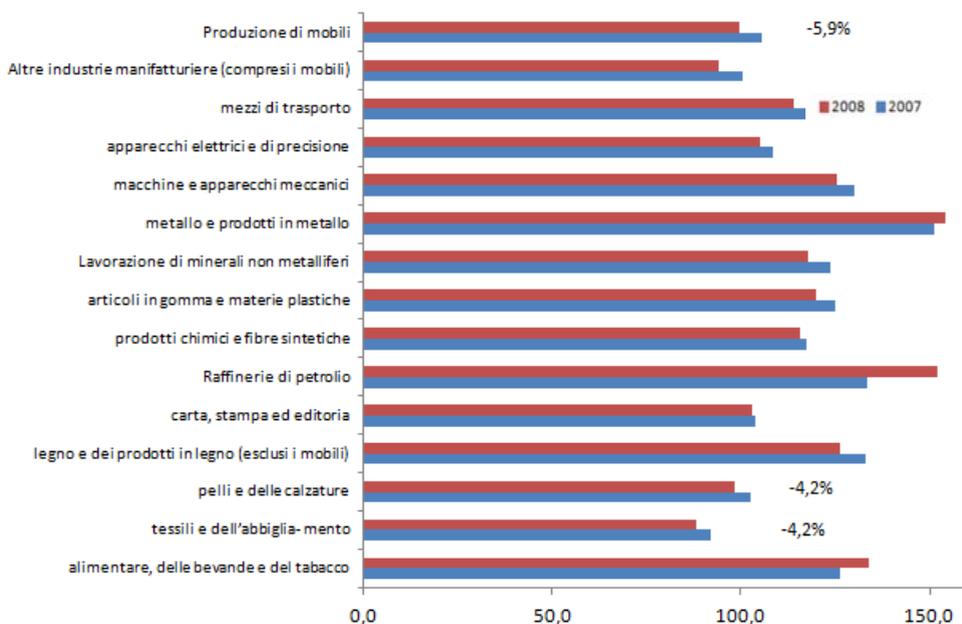
¹⁷³ Confindustria, centro studi, *Nuovi produttori, mercati e filiere globali. Le imprese italiane cambiano assetto*, 2010.

Figura 4.5: Composizione del settore industriale in Italia (in % sulla base del fatturato 2007)



Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT – banca dati

Figura 4.6: Indici del fatturato attività manifatturiera (base 2000=100)



Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT – banca dati

L'industria italiana si caratterizza per tre elementi:

- vocazione manifatturiera: è la seconda economia mondiale per produzione industriale pro capite, nel 2009 ha realizzato il 3,9% della produzione manifatturiera globale e, nel periodo 2004-08, ha contribuito per il 4,8% alle esportazioni mondiale di manufatti;
- dimensioni medio piccole delle imprese: il 95%, circa, delle attività economiche (industria e servizi) presenta meno di 10 addetti;
- localizzazione delle realtà produttive in distretti geograficamente identificabili: il 44% degli addetti e il 45% del valore delle esportazioni è rappresentato dai 199 sistemi locali del lavoro e dai 96 principali distretti industriali.

L'evoluzione del quadro industriale è stata modificata, a livello nazionale come internazionale, oltre che dalla profonda crisi anche dall'allargamento degli accordi WTO.

L'apertura del commercio mondiale a nuovi paesi (in special modo la Cina) ha comportato da un lato l'aumento potenziale della domanda e dall'altro l'aumento della competizione su diverse fasi della produzione. La crisi, oltre alla riduzione della domanda di beni, ha accelerato il rimodellamento dei primati competitivi e della composizione settoriale di produzione.

Lo sviluppo di un'economia globalizzata ha determinato la creazione di catene di fornitura internazionali e la ridefinizione della "geografia della produzione" tra i

diversi paesi. La crisi ha ulteriormente accentuato tali dinamiche spingendo il ripensamento dei processi produttivi in fasi tecnologicamente interdipendenti ma produttivamente autonome.

Al tempo stesso la creazione di filiere globali ha reso molto più interconnesse le economie dei vari paesi rendendole, quindi, intrinsecamente più fragili a *shock* anche solo regionali. La risposta “micro economica” aziendalista a tale rischio è stata il riappropriarsi di alcune fasi di produzione e la creazione di più stabili rapporti interregionali anche con l’insediamento diretto di impianti all’estero.

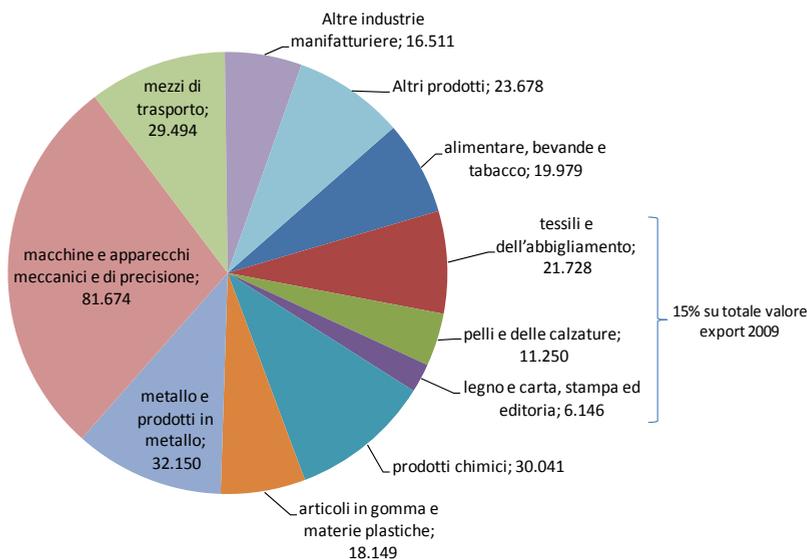
In tale mutato contesto le aziende industriali italiane sono soggette a due spinte:

- una è rivolta allo snellimento della propria organizzazione produttiva in modo da ridurre la soglia del “punto di pareggio”;
- l’altra attrae verso dimensioni maggiori, capaci di cogliere al meglio le opportunità di un mercato più ampio e di garantire le economie di scala necessarie per investimenti in ricerca e innovazione.

Entrambi questi elementi hanno portato dei cambiamenti nelle caratteristiche del tessuto economico italiano.

Negli ultimi anni si è assistito a una riduzione dell’importanza dei comparti tradizionali quali conciario-calzaturiero, mobile-arredamento e tessile-abbigliamento a favore dei settori di produzione di beni strumentali della metallurgia e di alcuni settori a valle della chimica di base. Tale dinamica è ben rappresentata dal mix delle esportazioni italiane: nel 2009 (figura 4.7) solo il 15%

Figura 4.7: Valore delle esportazioni (FOB, franco a bordo) nel 2009 (milioni di € correnti)



Fonte: elaborazione ENEA su dati Banca d’Italia, *Economie regionali: l’economia delle regioni italiane 2010*

è rappresentato da prodotti dei settori tessile, calzaturiero e arredamento mentre il 60% è costituito da esportazioni in beni strumentali e intermedi.

I cambiamenti nel contesto competitivo mondiale hanno anche inciso sulle dimensioni delle imprese che registrano un incremento percentuale delle aziende di medie dimensioni rispetto alle piccole e micro imprese.

Anche la localizzazione delle realtà produttive è stata fortemente influenzata spingendo le aziende italiane a costituire filiere industriali globali e policentriche che, a seguito della crisi, hanno privilegiato strategie prudenti, rivolte ad un'attenta selezione delle attività da esternalizzare e al rafforzamento di rapporti regionali stabili.

4.2.4 Realtà produttiva e territorio: l'importanza della localizzazione

L'importanza dell'elemento territorio, inteso sia come spazio fisico sia come ambiente sociale, è uno degli elementi qualificanti dell'economia italiana che spesso meravigliano gli analisti stranieri: "Un'altra sconcertante caratteristica dei settori industriali italiani di successo è la concentrazione geografica, in forza della quale molte, addirittura centinaia, di imprese in un unico settore industriale sono situate in un'unica città"¹⁷⁴.

La localizzazione e le dimensioni delle realtà produttive sono state al centro dell'analisi economica del tessuto industriale italiano a partire dagli anni 50. Tale dibattito ha individuato, già a partire dagli anni settanta, il distretto industriale quale aspetto "empirico" su cui fondare un inquadramento teorico generale per l'analisi dell'economia italiana¹⁷⁵.

Il distretto viene definito come "un'entità socio-territoriale caratterizzata dalla compresenza attiva, in un'area territoriale circoscritta, naturalisticamente e storicamente determinata, di una comunità di persone e di una popolazione di imprese industriali"¹⁷⁶.

Il distretto industriale è il modello organizzativo di numerosi sistemi locali di successo, formati da imprese piccole e medie svantaggiate dalla minore scala produttiva, ma in grado di compensare tale svantaggio attraverso le "economie esterne"¹⁷⁷ generate dalla capacità "sistemica" del distretto di immaginare e gestire complessi processi di scomposizione/integrazione del ciclo produttivo, nell'ambito di un contesto sociale (sistema di valori condiviso, preparazione

¹⁷⁴ Porter M., *Il vantaggio competitivo delle nazioni*, 1991.

¹⁷⁵ Graziani A., "Aspetti strutturali dell'economia italiana nell'ultimo decennio", in A. Graziani, a cura di, *Crisi e ristrutturazione dell'economia italiana*, Einaudi, Torino, 1975.

¹⁷⁶ Becattini G., "Il distretto industriale marshalliano come concetto socio-economico", in *il Mulino: Stato e Mercato*, n. 25, 1989.

¹⁷⁷ Marshall A., *Principi di economia*, Torino, Utet, 1972 (citato in "l'esperienza italiana dei distretti industriali", IPI 2002).

tecnico/culturale, istituzioni sociali, infrastrutture ecc.) adeguato a supportare la crescita e la competitività della struttura produttiva.

Interessante è anche sottolineare come il concetto di distretto sia sempre più centrale nella definizione delle politiche di sviluppo: si pensi alle iniziative a livello europeo quale l'*European Cluster Policy Group*, alle iniziative sviluppate in Giappone quali l'*Industrial Cluster Policy* e il progetto di distretti industriali "ambientalisti" *Eco-towns*, alle iniziative promosse, in USA, dal *Department of Commerce Economic Development Administration* per la definizione di politiche volte ad aumentare la competitività del "sistema USA" basate sull'analisi dei "cluster"/distretti industriali.

In Italia il riconoscimento giuridico del distretto industriale operato dalla Legge 317 del 1991 e i provvedimenti di tipo attuativo che ne sono derivati hanno definitivamente contribuito a rendere popolare il termine "distretto industriale" e a porlo al centro delle politiche di sviluppo. La rilevanza dei distretti industriali è facilmente dimostrata dal fatto che i distretti¹⁷⁸:

- valgono il 38% del PIL nazionale;
- occupano il 40% della forza lavoro.

Inoltre, le realtà distrettuali presentano, storicamente, dei rendimenti superiori alle medie di settore, come evidenziato da uno studio di Banca d'Italia¹⁷⁹ (figura 4.8).

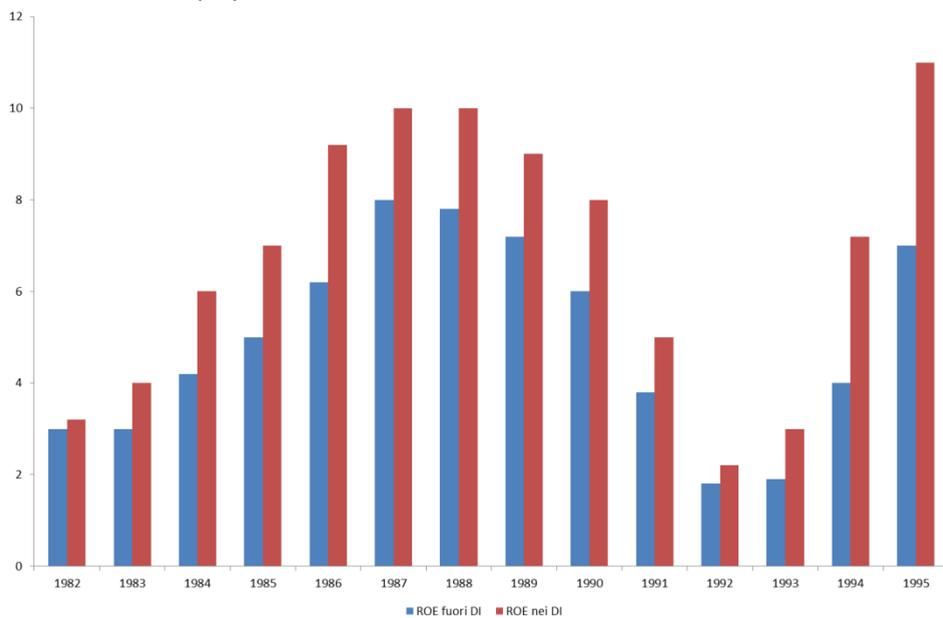
Diverse fonti hanno creato "mappe" dei distretti industriali italiani: accanto alla mappa "istituzionale" dei 133 distretti individuati dalle leggi Regionali, vi è in primo luogo la mappa dei 199 distretti individuati dall'ISTAT. Altre mappe significative sono quelle de Il Sole 24 Ore, della Fondazione Brodolini (Libro della Piccola Impresa), del Cnel (Ceris-Cnr), del Club dei Distretti, del Censis, integrate dai distretti del «*made in Italy*» del Mezzogiorno (IPI, l'esperienza italiana dei distretti industriali, 2002). Una sintesi di dette classificazioni è riportata in tabella 4.2.

¹⁷⁸ Intesa San Paolo, "I distretti industriali alla prova della globalizzazione", in Primo Piano 2007.

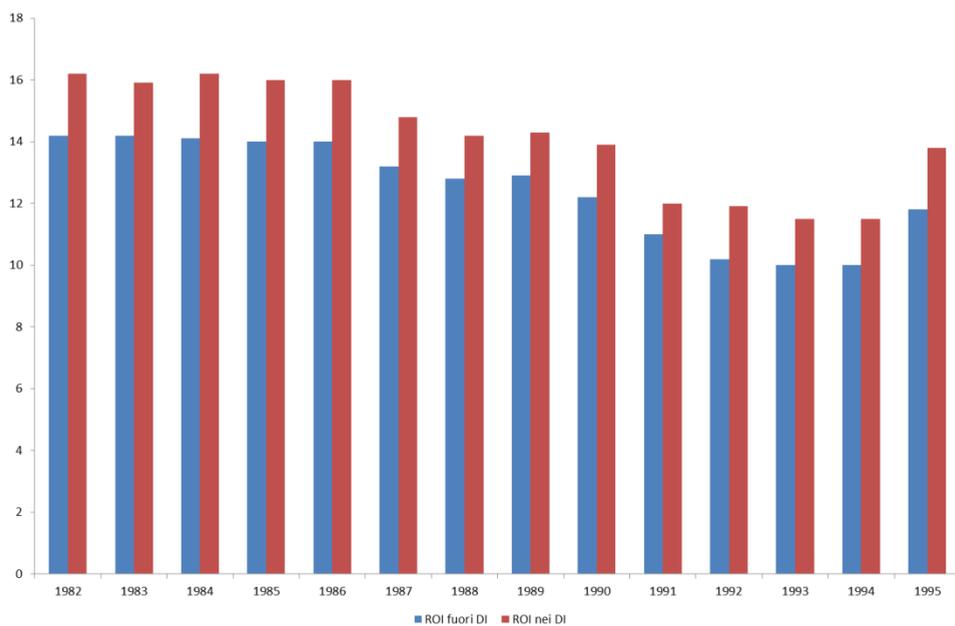
¹⁷⁹ Signorini L. F., (a cura di) *Lo sviluppo locale. Un'indagine della Banca d'Italia sui distretti industriali*, Donzelli, Roma, 2000.

Figura 4.8: Reddittività delle imprese (ROE e ROI) nei Distretti industriali e fuori dai Distretti (1982-1995, %)

- ROE: Return on equity



- ROI: Return on investment



Fonte: elaborazione ENEA su dati IPI e Banca d'Italia

Tabella 4.2: Sintesi dei Distretti industriali classificati per regione e per fonte

	Distretti con individuazione territoriale comunale			Distretti risultanti da altre individuazioni per zona o località (1)					Distretti del <i>made in Italy</i> nel Mezzogiorno Vienti (2000)
	ISTAT 1991								
Regione	Normativa Regionale (vari anni)	Elaboraz. media Italia	Elaboraz. media Mezzogiorno (2)	Il Sole24Ore (1992)	Il libro della Piccola Impresa (1996)	Cnel Ceris CNR (1997)	Club dei Distretti (1999)	Censis (2001) (3)	
Piemonte	25	16		7	8	9	9	9	
Valle d'Aosta	(4)								
Lombardia	16	42		15	33	22	24	4	
Trentino A.A.	(4)	4		1		1	1		
Veneto	19 (5)	34		9	18	9	9	6	
Friuli V.G.	4	3		4	3	4	4	2	
Liguria	1	1		3		1	1		
Emilia R.	(4)	24		7	9	11	11	7	
Toscana	12	19		4	10	10	11	7	
Umbria	(4)	5			1				
Marche	26	34		4	6	5	5	3	
Lazio	3	2		1	1	2	2	5	
Centro-Nord	106	184		55	89	74	77	43	
Abruzzo	6	6	3	1	2	1	1		6
Molise	(4)		2	1					1
Campania	7	4	15	2	2	2	2	1	8
Puglia	6	3	13	2	4	3	3	2	7
Basilicata	4		2	1		1	1	1	2
Calabria	(4)	2	2						
Sicilia	(4)		2		1			2	1
Sardegna	4		6	3	2	3	3	2	
Mezzogiorno	27	15	45	10	11	10	10	8	25
ITALIA	133	199	45	65	100	84	87	51	25

Note:

- 1) Le individuazioni sono state effettuate in via geograficamente indicativa, senza cioè una puntuale perimetrazione dell'area distrettuale.
- 2) Distretti industriali del Mezzogiorno individuati in aggiunta ai 15 risultanti dall'elaborazione ISTAT media Italia.
- 3) L'individuazione dei distretti Censis fa riferimento al "X Forum sulle Economie locali" aprile 2001.
- 4) Regioni (n. 7) che non hanno proceduto all'individuazione dei distretti: Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige, Emilia Romagna, Umbria, Molise, Calabria, Sicilia.
- 5) Compresi 4 distretti di seconda specializzazione geograficamente individuati all'interno dei 15 considerati di prima specializzazione.

Fonte: IPI, *Le mappe dei Distretti Industriali, in l'esperienza italiana dei distretti industriali*, IPI 2002

Le Regioni, l'ISTAT e le analisi dei distretti del *Made in Italy* del Mezzogiorno si basano sull'articolazione amministrativa comunale, anche nella forma aggregata dei Sistemi Locali del Lavoro. Le altre fonti definiscono invece i distretti solo in maniera geograficamente indicativa (facendo centro sul comune più importante di un'area non esattamente perimetrata o denominando il distretto sulla base di un elemento geografico che caratterizza il territorio).

I distretti industriali, sia nella classificazione delle leggi regionali sia in quella ISTAT, presentano una forte vocazione produttiva nei comparti tradizionali (tabella 4.3) con particolare specializzazione nel tessile e nei prodotti per l'arredamento.

Tabella 4.3: Numero dei distretti per "fonte" di individuazione" e specializzazione produttiva

	Regioni	ISTAT
Tessile e abbigliamento	46	70
Prodotti per l'arredamento e lavorazione dei minerali non metalliferi	27	37
Pelli, cuoio e calzature	23	33
meccanica	20	28

Fonte: Ipi, Le mappe dei Distretti Industriali, in l'esperienza italiana dei distretti industriali, IPI 2002

Interessante è notare come la concentrazione geografica dei distretti mostri una forte predominanza delle regioni centro settentrionali. Le Regioni con il maggior numero di distretti (ISTAT) sono nell'ordine:

	Regione	N° distretti
1.	Lombardia	42
2.	Veneto e Marche	34
3.	Emilia-Romagna	24
4.	Toscana	19
5.	Piemonte	16

Nelle regioni meridionali, dove sono presenti secondo l'indagine ISTAT solo 15 distretti, la concentrazione principale delle attività produttive si ha in Abruzzo, Campania e Puglia. L'ISTAT, applicando criteri meno selettivi di selezione dei distretti (valori soglia pari alla media del Mezzogiorno invece che a quella italiana), ha individuato un numero di distretti quadruplo rispetto all'individuazione standard (60 contro 15). La distribuzione territoriale dei 60 distretti tende comunque a ricalcare quella dei 15 originari. Sotto il profilo settoriale, accanto alla consueta concentrazione nel tessile e abbigliamento, si rafforza notevolmente il peso dell'industria alimentare.

L'analisi "tassonomica" delle realtà distrettuali si è arricchita negli ultimi anni della categoria di eco distretti.

Tale classificazione si deve originariamente ad uno studio del 1999 di Ambiente Italia su incarico di Legambiente e Padovafiore. Oggi il rapporto "Ecodistretti 2009", sempre sotto il coordinamento scientifico di Ambiente Italia, è stato promosso da Rete Cartesio¹⁸⁰ (una iniziativa di *networking* per la gestione sostenibile di *cluster*, aree territoriali e sistemi d'impresa omogenei, composta dalle Regioni Emilia Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia, Sardegna, Toscana).

Le realtà produttive locali sono classificate come eco distretti in base alla presenza di pratiche e iniziative ambientali ed eco innovative.

Lo studio 2009 della Rete Cartesio ha individuato all'interno delle realtà produttive italiane 54 distretti, contro i 33 individuati nel precedente rapporto, in cui sono in atto buone pratiche ambientali, politiche o progetti di eco-innovazione. Lo studio si riferisce alle attività svolte nel triennio 2006-2008.

L'analisi dei sistemi produttivi locali si è basata sull'utilizzo di una serie di indicatori valutati in base alla documentazione di analisi ambientale realizzata nei territori, la raccolta diretta di informazioni presso autorità di controllo, istituzioni locali o associazioni di categoria, banche dati disponibili a livello nazionale e locale, interviste ad un panel selezionato di attori del territorio ritenuti maggiormente rappresentativi delle azioni di eco-innovazione. Gli "eco indicatori" utilizzati sono:

- infrastrutture e servizi per la gestione ambientale ed energetica;
- diffusione di tecnologie ambientali;
- certificazioni/registrazioni ambientali;
- marchi, etichette e politiche di prodotto;
- controlli ambientali;
- conflittualità ambientale;
- promozione di strumenti innovativi di gestione ambientale.

Le esperienze più interessanti degli eco distretti si trovano in Toscana (Capannori, Prato, Santa Croce sull'Arno), Emilia Romagna (Sassuolo, Longhirana, Parma-Reggio Emilia), Veneto (Arzignano, Treviso), Liguria (Val di Vara), Friuli Venezia Giulia (Livenza).

Il centro sud, con l'eccezione in Campania dei distretti di Solofra (conciario) e dell'Agro Nocerino Sarnese (agroindustria), è generalmente caratterizzato da scarsa efficacia o dall'assenza di progetti di innovazione ambientale, da un'insufficiente dotazione di infrastrutture ambientali, da un basso numero di imprese con una certificazione ambientale, dalla quasi totale assenza di politiche ambientali di prodotto e dalla scarsa diffusione delle BAT (*Best Available Techniques*).

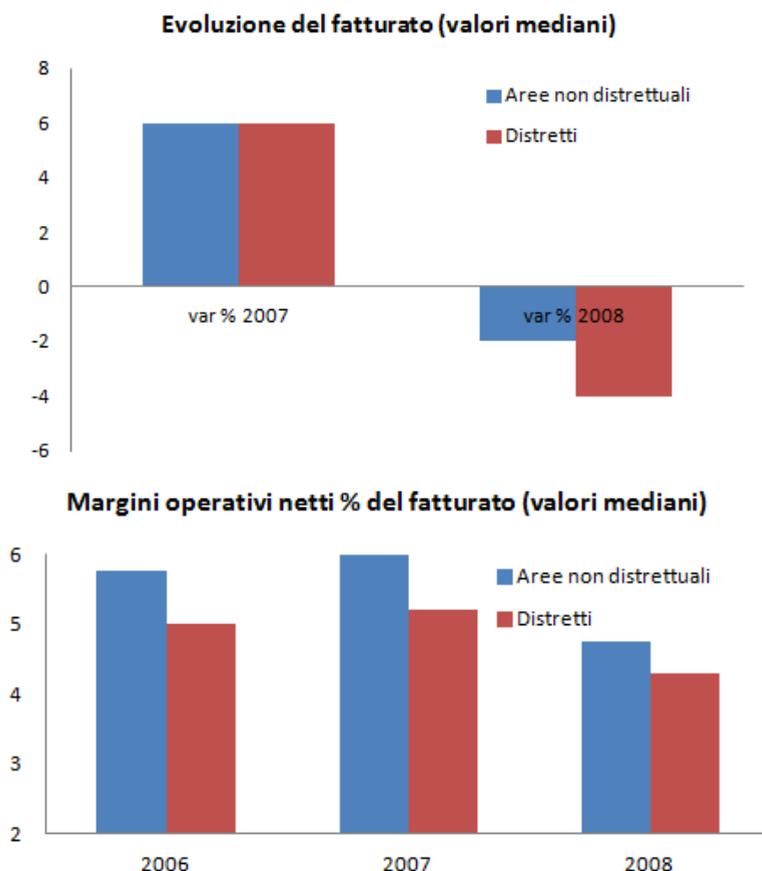
¹⁸⁰ Rete Cartesio, *ECODISTRETTI 2009, Innovazione e competitività nelle politiche ambientali dei distretti industriali e dei sistemi produttivi locali in Italia*, Sintesi del rapporto Rete Cartesio, giugno 2009.

4.2.5 I distretti e la crisi

La crisi finanziaria ed economica mondiale ha fortemente colpito, già nel 2008, le realtà distrettuali italiane che, come evidenziato in un'analisi di Intesa San Paolo qui sintetizzata¹⁸¹, nel 2009 hanno cominciato a trasformarsi in modo radicale.

Nel corso del 2008 i risultati in termini di crescita del fatturato delle imprese distrettuali hanno mostrato molti segni di deterioramento (figura 4.9). Il fatturato dei distretti industriali italiani ha, infatti, registrato un calo vicino al 4% superiore a quello subito dalle aree non distrettuali, a parità di specializzazione produttiva. Al contempo nei distretti si è assistito ad una contrazione dei margini, scesi, in termini mediani, al 4,2% dal 5,3% del 2007.

Figura 4.9: Performance economiche delle imprese distrettuali



Fonte: Intesa San Paolo *Economia e Finanza dei Distretti Industriali*, 2009

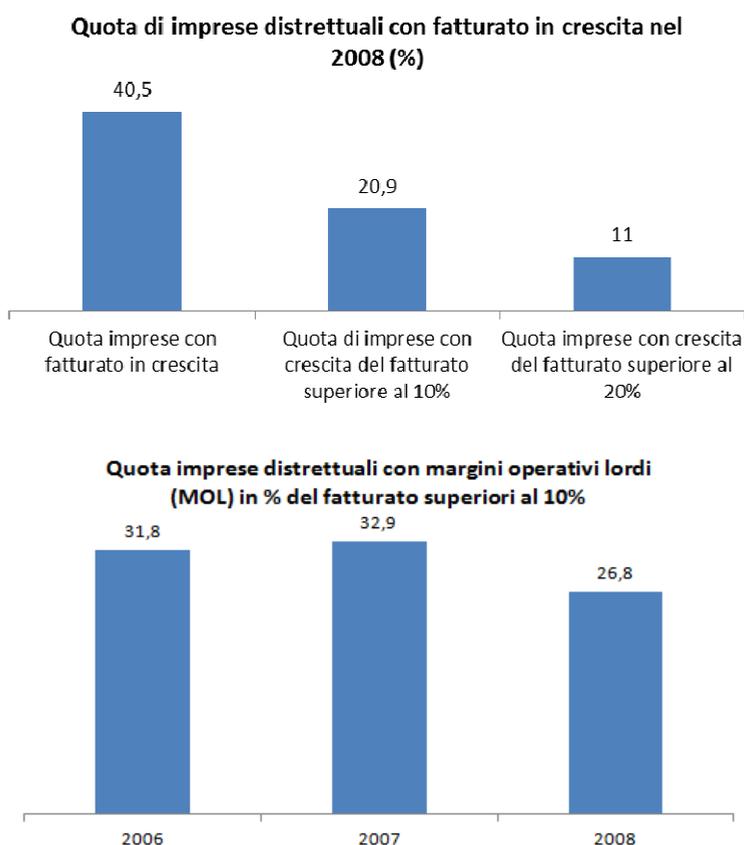
¹⁸¹ Intesa San Paolo, *Economia e Finanza dei Distretti Industriali*, 2009.

Le maggiori difficoltà incontrate dalle imprese distrettuali sono in parte riconducibili alla loro elevata propensione ad esportare che, in un contesto di forte riduzione della domanda estera e di apprezzamento del tasso di cambio effettivo dell'euro, le ha penalizzate maggiormente.

Tuttavia, anche in tale congiuntura fortemente negativa, molte imprese distrettuali che, favorite da una migliore qualità e differenziazione della produzione e da infrastrutture sociali più ricche in termini di capitale umano e competenze in termini di servizi avanzati (quali servizi di consulenza e supporto alla ricerca), hanno intrapreso un percorso di riposizionamento strategico e sono riuscite a mantenere buoni tassi di crescita e redditività (figura 4.10).

Queste evidenze, riportate nello studio Intesa San Paolo e basate sull'analisi di bilanci aziendali per il triennio 2006-08 di 56.100 imprese manifatturiere italiane

Figura 4.10: Tassi di crescita e redditività delle migliori imprese distrettuali



Fonte: Intesa San Paolo *Economia e Finanza dei Distretti Industriali*, 2009

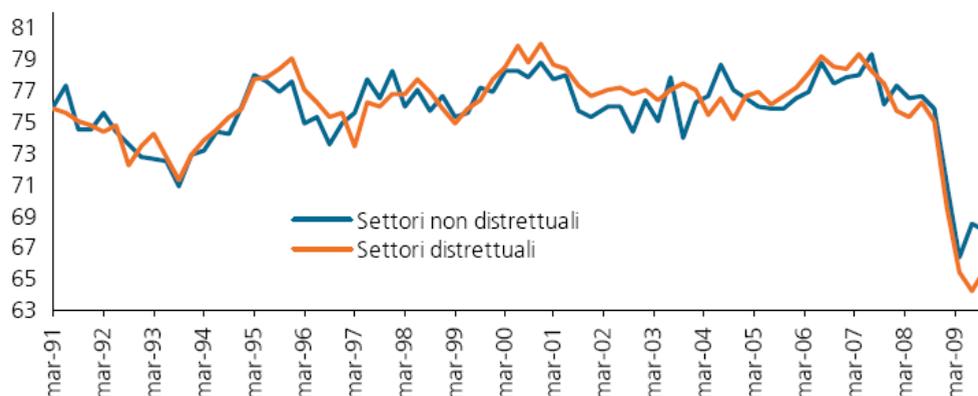
e 11.300 imprese distrettuali con almeno un milione di euro di fatturato, confermano, seppur nella loro brevità espositiva, il valore dei territori nel determinare la competitività e suggeriscono la necessità di politiche di sviluppo del territorio, sia sul piano delle infrastrutture fisiche, che su quello delle infrastrutture immateriali. Interessante al riguardo è l'esperienza del distretto conciario di Santa Croce sull'Arno che ha investito nella ricerca e nella applicazioni di soluzioni "ambientalmente sostenibili" del ciclo produttivo della conca (depurazione, trattamento e smaltimento dei fanghi). Tale iniziativa ha l'obiettivo strategico di garantire, all'interno del distretto, le competenze specifiche per una differenziazione del prodotto e un rafforzamento del vantaggio competitivo della sua produzione.

La forte crisi economica rappresenta un importante momento di rottura che può determinare un lungo periodo di cambiamenti nella struttura produttiva dei distretti.

Nell'analisi di Intesa San Paolo sono analizzati tre elementi principali di tale cambiamento.

1. Il **primo fenomeno** esplorato è il *consolidamento della struttura dimensionale*. Il crollo della produzione e la lenta ripresa comportano una grande capacità produttiva in eccesso. Nei settori ad elevata presenza distrettuale, il grado di utilizzo degli impianti a fine settembre 2009 è rimasto di dieci punti percentuali al di sotto della media storica (1991-2009) e di ben quattordici punti inferiore rispetto all'ultimo picco registrato nella primavera del 2007 (figura 4.11). Per assorbire tale capacità produttiva in tempi ragionevoli sarebbero necessari dei tassi di crescita addirittura superiori a quelli per crisi.

Figura 4.11: Grado di utilizzo degli impianti in Italia nel settore manifatturiero (% , 1991-2009)



Fonte: tratto da Intesa San Paolo *Economia e Finanza dei Distretti Industriali*, 2009, elaborazioni su dati ISAE

2. Il **secondo fenomeno** esplorato riguarda la *divisione del lavoro a livello internazionale*.

La reattività delle imprese *leader* sarà molto verosimilmente favorita nei territori ricchi di fornitori locali, che, oltre ad offrire indubbi vantaggi in termini di flessibilità produttiva, possono assecondare e/o accompagnare l'implementazione di una serie di strategie (*time to market*, innovazione di prodotto e/o processo, introduzione di nuovi prodotti) che sono cruciali per tornare su un sentiero di crescita. Le imprese italiane (soprattutto quelle del sistema moda) nel tentativo di "battere la crisi" iniziano a rivedere l'organizzazione del processo produttivo, riportando nel territorio distrettuale fasi del processo precedentemente esternalizzate all'estero (*insourcing*).

3. Il **terzo fenomeno** esplorato riguarda la *necessità di instaurare relazioni commerciali con controparti sempre più lontane sul piano culturale*.

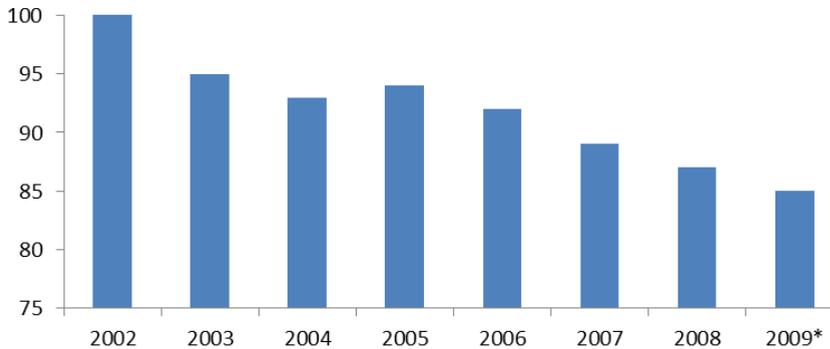
Vi è una tendenza storica dei distretti (figura 4.12), ad allargare, se non addirittura a sostituire, i tradizionali mercati di *export* entrando in mercati ad alto potenziale di crescita, ma lontani culturalmente¹⁸² (Medio Oriente, Nord Africa, India, Cina...). Le imprese, per gestire una tale complessità hanno bisogno di soggetti esterni, quali le istituzioni pubbliche deputate al sostegno all'internazionalizzazione, strutture private di *network* internazionale ecc, che le supportino nelle diverse fasi commerciali.

¹⁸² Il concetto di "distanza culturale" è particolarmente usato in economia per spiegare alcuni fenomeni legati all'attività internazionale dei diversi agenti economici (es. commercio estero; investimenti diretti esteri). Le misure di "distanza culturale" sono basate sulle categorie sviluppate da Hofstede (1980; *CulturÈs Consequences: International Differences in Work-Related Values*, Beverly Hills, CA: Sage Publications):

1. Distanza Dal Potere. Misura in cui una società accetta che il potere sia distribuito in modo diseguale nelle istituzioni e nelle organizzazioni.
1. Individualismo. Tendenza ad avere cura di se stessi piuttosto che delle relazioni appartenenti ai gruppi, si possono trovare culture individualiste (ognuno s'occupa dei suoi affari o di quelli della sua famiglia) e culture collettiviste (i membri lavorano insieme).
2. Mascolinità/Femminilità. Misura in cui i valori dominanti sono il successo, il denaro, l'efficienza, le cose materiali, anziché la preoccupazione per gli altri, la qualità della vita, l'uguaglianza.
3. Avversione all'incertezza (propensione al rischio). Come una società affronta la sensazione di minaccia derivante dal presentarsi di situazioni di incertezza.
4. Orientamento a lungo termine/Orientamento a breve termine. Con l'orientamento a lungo termine, si vede il tempo come lineare e si guarda al futuro più che al presente o al passato. È un atteggiamento mirato al risultato, in cui si dà valore alle ricompense ottenibili. Al contrario le culture con orientamento a breve termine hanno una visione circolare del tempo. Questo fa sì che passato e presente siano interrelati e che ciò che non può essere fatto oggi può essere rinviato a domani.

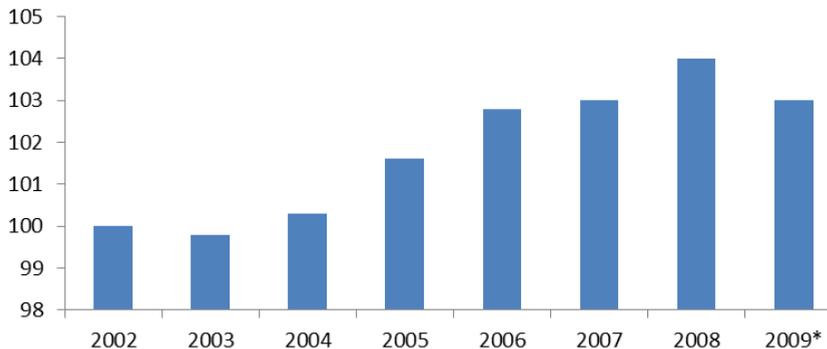
Figura 4.12: Distanza geografica e culturale degli sbocchi commerciali dai distretti industriali (anno base 2002=100)

- Distanza geografica



*primi nove mesi del 2009. Elaborazione Intesa San Paolo su dati Istat

- Distanza culturale



*primi nove mesi del 2009. Elaborazione Intesa San Paolo su dati Istat

Nota: Per il concetto di "distanza culturale" v. nota a piè di pagina n. 182

Fonte: *Intesa San Paolo Economia e Finanza dei Distretti Industriali, 2009*

4.2.6 Il settore turistico

Il settore dei viaggi e turismo è diventato un'importante voce dell'economia mondiale, specialmente per alcuni paesi in via di sviluppo.

Il volume di affari legato al settore turistico rappresenta circa il 5% del PIL mondiale ed è il 6/7% della forza lavoro complessiva. Il turismo internazionale è il quarto (dopo il settore dei carburanti, chimico e automobilistico) più importante settore delle esportazioni mondiali, con un valore di 1000 miliardi di US dollari l'anno è pari al 30% delle esportazioni mondiali di servizi (o al 6% delle esportazioni complessive). Nel 2010 si sono registrati flussi per 935 milioni di turisti internazionali e 4 miliardi di turisti nazionali (quest'ultimo dato è del

2008)¹⁸³.

Lo sviluppo del turismo è spesso accompagnato da sfide importanti dal punto di vista della protezione ambientale. La rapida crescita nei viaggi internazionali e nazionali, la tendenza a effettuare viaggi più lunghi e per periodi più brevi e la preferenza nell'utilizzare mezzi di trasporto ad alta intensità energetica fa sì che il settore turistico contribuisca per il 5% alle emissioni globali di gas serra¹⁸⁴. Oltre a questo il settore turistico è anche responsabile di un uso eccessivo della risorsa idrica rispetto ai residenti, di una elevata produzione di rifiuti difficili da trattare, del danneggiamento della bio-diversità terrestre e marina nonché di una continua pressione negativa sull'identità culturale e sulla struttura sociale delle zone turistiche stesse¹⁸⁵.

Il tema della sostenibilità ambientale recentemente ha iniziato ad essere sempre più rilevante nel settore del turismo. L'obiettivo dell'offerta, cioè degli operatori turistici e degli albergatori, è quello di trovare risposte concrete e strategie commerciali adeguate a consolidare il *business* o aprire "nuovi mercati" in un'era di globalizzazione in cui la tematica della sostenibilità e della responsabilità ambientale delle imprese alberghiere può rappresentare un elemento distintivo per l'offerta del prodotto turistico¹⁸⁶.

Gli investimenti e le strategie rivolte al miglioramento della sostenibilità del turismo si stima abbiano effetti economici diretti positivi anche nel breve periodo¹⁸⁷: una migliore gestione dei rifiuti riduce il costo di smaltimento e aumenta l'attrattiva della località turistica; il mantenimento e la tutela delle bellezze naturali quali la barriera corallina, le foreste di mangrovie o le semplici spiagge bianche ha costi decisamente inferiori rispetto ai benefici diretti in termini di attrazione turistica di tali "strutture" naturali. L'investimento nel tessuto sociale e culturale locale è quello che presenta i tassi di rendimento più alti poiché rappresenta la principale componente della domanda di turismo sostenibile (CESD and TIES 2005)¹⁸⁸. Il settore del turismo, pertanto, è in grado di contribuire al raggiungimento degli Obiettivi de Millennio individuati dalle Nazioni Unite¹⁸⁹ in quanto favorisce la redistribuzione della ricchezza tra le nazioni, è un importante veicolo per l'uguaglianza tra i sessi, per la conservazione del patrimonio culturale e di quello naturale.

¹⁸³ UNWTO, *Tourism Highlights*, 2011 Edition.

¹⁸⁴ Green Economy: Tourism, the chapter was developed in partnership with the World Tourism Organization, United Nation Environmental Program 2011.

¹⁸⁵ Ibidem.

¹⁸⁶ Il Green Marketing strategico per la promozione del turismo sostenibile, Luca Andriola e Roberto Luciani.

¹⁸⁷ *Leading the challenge on climate change*, World Travel & Tourism Council (WTTC), 2009.

¹⁸⁸ Center on Ecotourism and Sustainable Development (CESD) *The International Ecotourism Society (TIES)*, Working Paper No. 104, April 2005.

¹⁸⁹ *From Davos to Copenhagen and beyond: advancing tourism's response to climate change*, UNWTO Background Paper, 2009.

Il lato dell'offerta del settore turistico è costituito prevalentemente da PMI che spesso non hanno né le competenze manageriali né le risorse finanziarie per affrontare con successo gli investimenti necessari per migliorare in modo sostenibile l'offerta turistica. Pertanto è opportuno che, anche nel quadro di accordi di cooperazione internazionale, ci sia un forte coordinamento di sviluppo tra le autorità politiche a livello nazionale, regionale e locale con le realtà imprenditoriali e sociali delle aree turistiche¹⁹⁰. Alcuni strumenti di politica economica per il supporto degli investimenti privati nel settore del turismo sostenibile sono ad esempio: spesa pubblica diretta per aree protette, tutela dei beni culturali, trasporti pubblici, infrastrutture energetiche rinnovabili, gestione dei rifiuti e delle acque; concessioni e agevolazioni fiscali volte all'incentivazione di investimenti privati nelle aree sopra indicate; sussidi limitati nel tempo per l'acquisto di materiale per investimenti in gestione dei rifiuti o miglioramento dell'efficienza nella gestione della risorsa idrica oppure per il finanziamento delle iniziative volte all'ottenimento di una certificazione ambientale quali ISO 14001 (standard normativo riconosciuto a livello internazionale), EMAS (standard riconosciuto a livello europeo) ed Ecolabel europeo dei servizi turistici (standard riconosciuto a livello europeo).

Recentemente l'Università IULM¹⁹¹ ha presentato una analisi comparata sulle *performance* del turismo sostenibile tra 17 paesi europei (Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Islanda, Irlanda, Italia, Olanda, Norvegia, Portogallo, Spagna, Svizzera, UK); i parametri di valutazione adottati sono stati: la diffusione della "cultura" del turismo sostenibile nella comunicazione dei siti internet sul turismo, la diffusione delle certificazioni ambientali nel settore turistico e le performance dei *top players*, grandi aeroporti e operatori turistici locali.

L'Italia è risultata essere ben posizionata: prima nella certificazione turistica (il 47% degli Ecolabel turistici rilevati nei 17 paesi sono in Italia); a pari merito con UK e Germania tra i primi tre paesi con oltre il 10% dei ritorni web relativi al turismo con riferimenti al turismo sostenibile; infine, circa la performance dei *top players* (grandi aeroporti e aziende) l'Italia si trova in seconda posizione, dopo la Francia, per la *performance* degli aeroporti, mentre ha una *performance* più bassa considerando gli operatori.

L'analisi mostra come, a livello generale, lo scenario dello sviluppo sostenibile in ambito turistico non sembra essere correlato a una strategia nazionale omogenea tra i diversi paesi. Nella maggior parte dei casi, il turismo sostenibile pare essere una cultura *bottom-up*, con un consenso più vasto nelle piccole-medie imprese e nel consumatore finale. I paesi con la tradizione turistica più radicata, inoltre, sembrano essere i più resistenti a una trasformazione in termini di sostenibilità.

¹⁹⁰ Boccella N., Rinaldi A., Paziienza P., *Economia e marketing del turismo*, 2010.

¹⁹¹ Istituto Universitario di Lingue Moderne (I.U.L.M.), www.iulm.it

Dossier *Turismo e sostenibilità: Un confronto internazionale*, Università IULM, 2008.

4.2.7 Il settore della gestione dei rifiuti

L'analisi del settore si base sulle recenti pubblicazioni dell'ISTAT, Spese per la gestione dei rifiuti, delle acque reflue e delle risorse idriche -2007- (basate sul sistema dei conti satellite SERIEE, sviluppato in sede Eurostat). In tale settore rientrano le attività relative alla protezione dell'ambiente da fenomeni di inquinamento (emissioni atmosferiche, scarichi idrici, rifiuti, inquinamento del suolo ecc.) e di degrado (perdita di biodiversità, erosione del suolo, salinizzazione ecc.), nonché le spese sostenute per usare e gestire secondo criteri di sostenibilità le risorse naturali (acque interne, risorse energetiche, risorse forestali, fauna e flora selvatiche ecc.).

Gli indicatori statistici permettono un'analisi sia dal punto di vista della domanda, consumi e investimenti, sia dell'offerta, produzione dei servizi. Sul lato della domanda la spesa è analizzata in base a tre categorie di utilizzatori: famiglie, imprese e pubblica amministrazione (incluse le istituzioni senza fine di lucro) e a tre categorie di spesa: consumi finali, consumi intermedi (dove si sommano anche le utenze civili produttive quali, ad esempio, esercizi commerciali o di ristorazione) e investimenti. Sul lato dell'offerta sono evidenziate tre categorie di produttori:

- gli **specializzati**, che hanno nella vendita sul mercato dei servizi ambientali la loro principale fonte di reddito;
- i **produttori secondari**, che si distinguono dagli specializzati per il fatto che, pur vendendo i servizi ambientali sul mercato, hanno come fonte principale di reddito un altro tipo di produzione;
- i **produttori ausiliari**, che producono servizi ambientali a proprio uso e consumo, al fine di gestire le pressioni ambientali generate dalle proprie attività produttive.

Nel 2008 la spesa nazionale per i servizi di gestione rifiuti è stata pari a 21,3 miliardi di euro con un incremento del 93,9% rispetto al 1997, passando da un'incidenza sul PIL del 1,1% nel 1997 fino al 1,4% nel 2008.

Sempre nel 2008 la spesa nazionale per i servizi di acque reflue è stata pari a 3,6 miliardi di euro con un incremento percentuale rispetto al 1997 del 40,5% e un'incidenza sul PIL 2008 pari allo 0,4%.

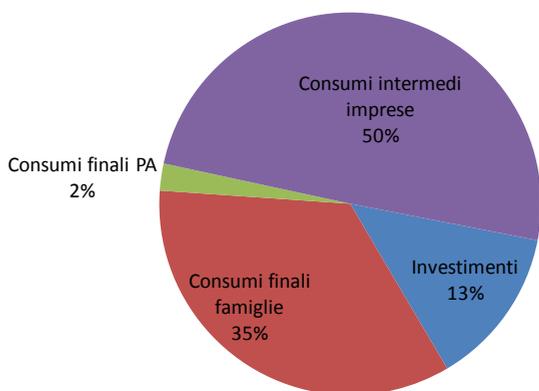
La spesa nazionale per l'uso e la gestione delle risorse idriche ha raggiunto, nel 2008, i 9,5 miliardi di euro con un incremento del 52,6% rispetto al 1997 e un'incidenza sul PIL del 2008 pari allo 0,6%.

La spesa nazionale per tutti i servizi di protezione ambientale esaminati è rappresentata per circa l'85% dalle spese dei consumatori finali e intermedi espressi dalle diverse tipologie di utenze (civili domestiche, e produttive, pubbliche e private); la restante quota è rappresentata dagli investimenti sia dei "produttori specializzati" (coloro che hanno per attività principale la produzione di servizi ambientali per la vendita a terzi) sia dei "produttori ausiliari" (coloro che producono a proprio uso e consumo servizi ambientali non destinati alla

vendita al fine di prevenire o ridurre le pressioni ambientali generate dalle proprie attività produttive).

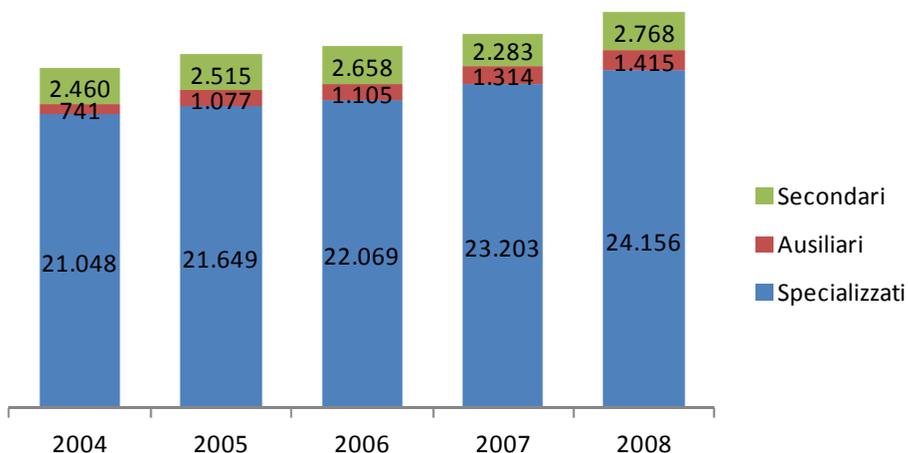
Le attività per la gestione dei rifiuti, la gestione delle acque reflue, la gestione e la distribuzione delle risorse idriche sono riportate in figura 4.13, dove si mostra la ripartizione percentuale tra investimenti e consumi, e in figura 4.14 dove si riportano i valori della produzione per tipologia di produttore.

Figura 4.13: Ripartizione della spesa nazionale per la gestione dei rifiuti, delle acque reflue e delle risorse idriche (Italia, 2008)



Fonte: ISTAT, Spese per la gestione dei rifiuti, delle acque reflue e delle risorse idriche, 2008

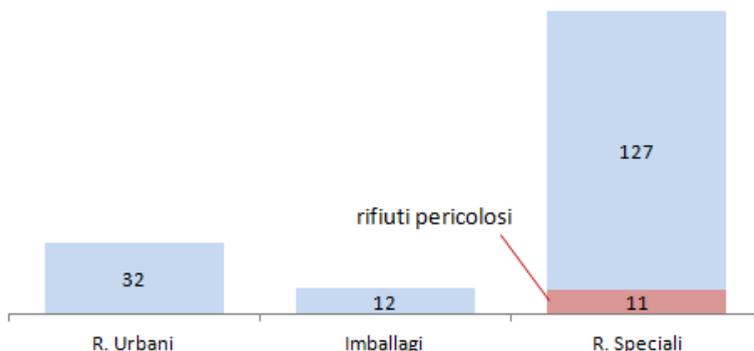
Figura 4.14: Valore delle produzioni relativamente ai settori della gestione dei rifiuti, delle acque e delle risorse idriche (milioni di €)



Fonte: ISTAT, Serie storiche su "Spese per la gestione dei rifiuti, delle acque reflue e delle risorse idriche", <http://www.istat.it/it/archivio/51063>

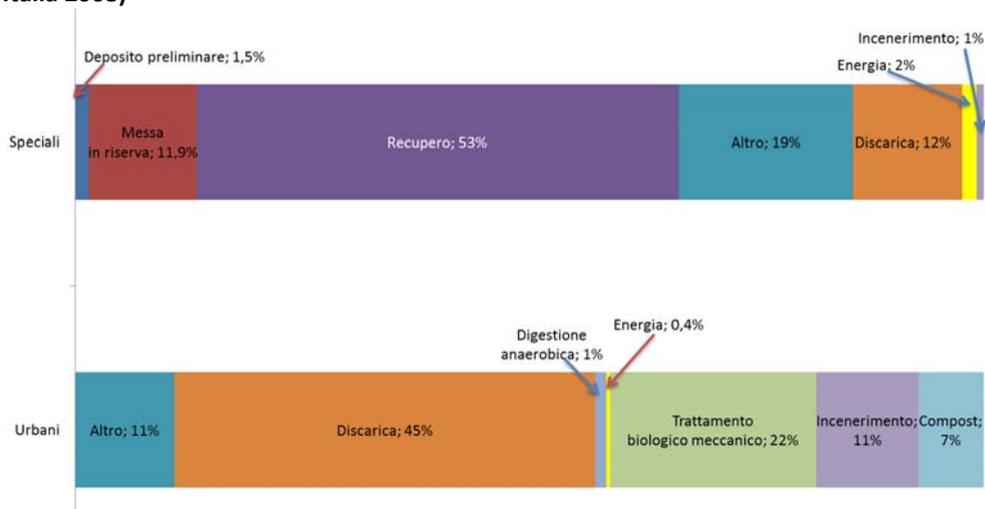
Nel 2008, ultimo dato disponibile, la produzione di rifiuti è stata pari a circa 183 milioni di tonnellate di cui circa il 75% rifiuti speciali¹⁹² (figura 4.15). Lo smaltimento in discarica è risultato essere ancora il metodo di gestione dei rifiuti prevalente mentre il recupero dei materiali è risultato essere significativo solo per la categoria dei rifiuti speciali e imballaggi (figura 4.16).

Figura 4.15: Produzione di rifiuti (Italia 2008, milioni di tonnellate)



Fonte: ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani, 2009; ISPRA, Rapporto Rifiuti Speciali 2010

Figura 4.16: Destinazioni di trattamento dei Rifiuti Urbani e dei Rifiuti Speciali (Valori % Italia 2008)



Fonte: ISPRA Rapporto Rifiuti Urbani, 2009, ISPRA Rapporto Rifiuti speciali 2010

¹⁹² ISPRA, Rapporto Rifiuti speciali, Edizione 2010; ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani, Edizione 2009.

L'analisi dei rifiuti speciali per comparto industriale (categorie ATECO 2002) mostra i settori che maggiormente contribuiscono a tale produzione (tabella 4.4).

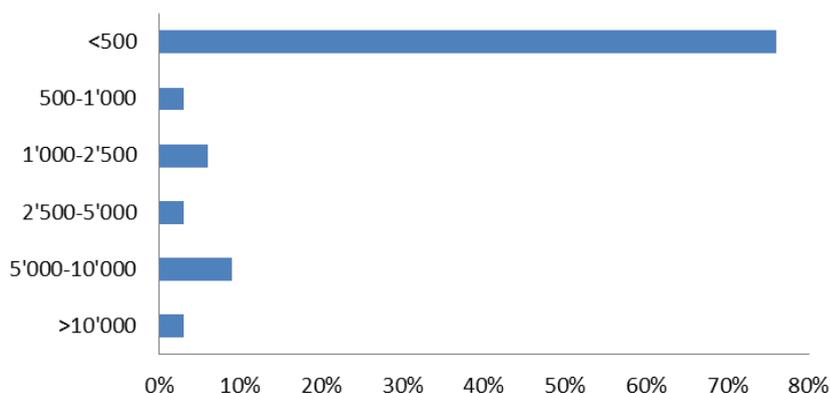
Il settore italiano della gestione dei rifiuti solidi e delle acque reflue è caratterizzato, come riportato dall'analisi CRIBIS¹⁹³ del 2008, da un'elevata percentuale di aziende di piccole dimensioni per volume di produzione (figura 4.17) e, al contempo, da una forte concentrazione del fatturato complessivo del settore nelle aziende di maggiori dimensioni (figura 4.18).

Tabella 4.4: Settori produttivi che maggiormente contribuiscono alla produzione di rifiuti speciali in Italia (Rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi)

rifiuti speciali non pericolosi	rifiuti speciali pericolosi
trattamento rifiuti e depurazione acque di scarico, che incide per circa il 22%	industria chimica, 20%
produzione metalli e leghe, per circa il 15%	trattamento rifiuti e depurazione acque di scarico, 16%
industria minerali non metalliferi, per circa il 9%	produzione metalli e leghe, 14%
altre industrie manifatturiere, per circa il 7%	commercio, riparazioni e altri servizi, 9,03%

Fonte: E. Carradori, L. Cutaia, G. Mastino, *Impatto ambientale ed economico della gestione dei rifiuti industriali prodotti da aziende a rischio di incidente rilevante*, in *Prevenzione Oggi* Vol. 5, 2009

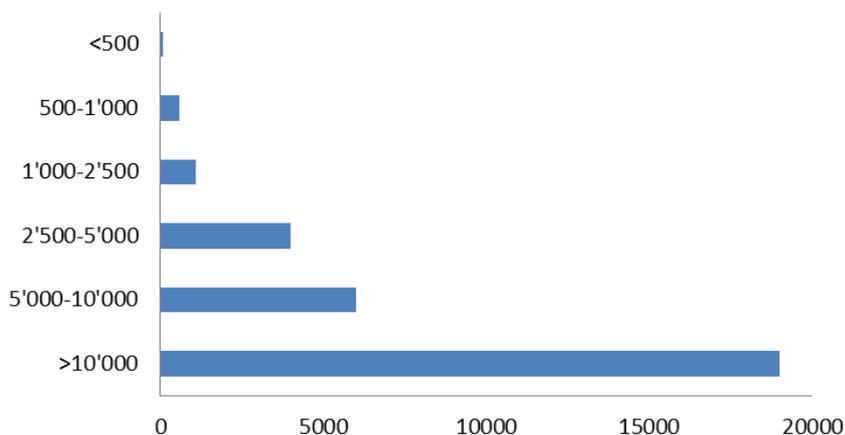
Figura 4.17: Percentuale imprese di capitale per la gestione dei rifiuti urbani e delle acque reflue per valore della produzione (migliaia di euro, anno 2008)



Fonte: CRIBIS, 2008

¹⁹³ CRIBIS è una società del gruppo CRIF D&B leader nel mondo nell'analisi finanziaria del merito di credito delle imprese. Il rapporto citato è: CRIBIS, *Analisi di Settore, smaltimento rifiuti solidi, acque di scarico e simili – Report 2008*.

Figura 4.18: Fatturato medio delle imprese di capitale per la gestione dei rifiuti urbani e delle acque reflue (migliaia di euro/azienda, anno 2008)



Fonte: CRIBIS, 2008

Il numero di soggetti che gestiscono le attività relative ai rifiuti urbani e acque reflue è elevato: ai 1.500 comuni che gestiscono in economia il servizio, vanno aggiunte alcune centinaia di imprese pubbliche e private (oltre 2000 secondo il CNEL). Tale frazionamento dell'offerta influisce negativamente sulle dimensioni operative: 7.800 tonnellate per gestore come media Italia, contro una media europea di 31.000 e una punta di 60.000 in Germania. Le 5 aziende più importanti hanno fatturato, nel 2007 e per il ramo rifiuti urbani, circa 1,8 miliardi di Euro, il 21% del totale del fatturato contro una media europea del 40%.

Alcune indicazioni di un avvicinamento dell'Italia al contesto europeo iniziano gradualmente a manifestarsi; interessante è notare come la forma di gestione del servizio rifiuti, in Italia, sia passata gradualmente verso attività "professionali". Infatti, la gestione diretta da parte degli EELL di detto servizio è passata da un quasi 45% del totale dei comuni nel '96 a circa il solo 21% dei comuni nel 2004 (tabella 4.5).

Tabella 4.5: Forme di gestione dei rifiuti urbani in Italia (numero di comuni, % - anni 1996-2004)

Forma di gestione	1996		2004	
	Numero di comuni	%	Numero di comuni	%
Gestione diretta	3.629	44,8	1.690	20,9
Imprese pubbliche	2.536	31,3	5.206	64,3
Operatori privati	1.936	23,9	1.205	14,9
Totale	8.101	100,0	8.101	100,0

Fonte: Utilitatis, elaborazione su dati Min. Interno - CCC

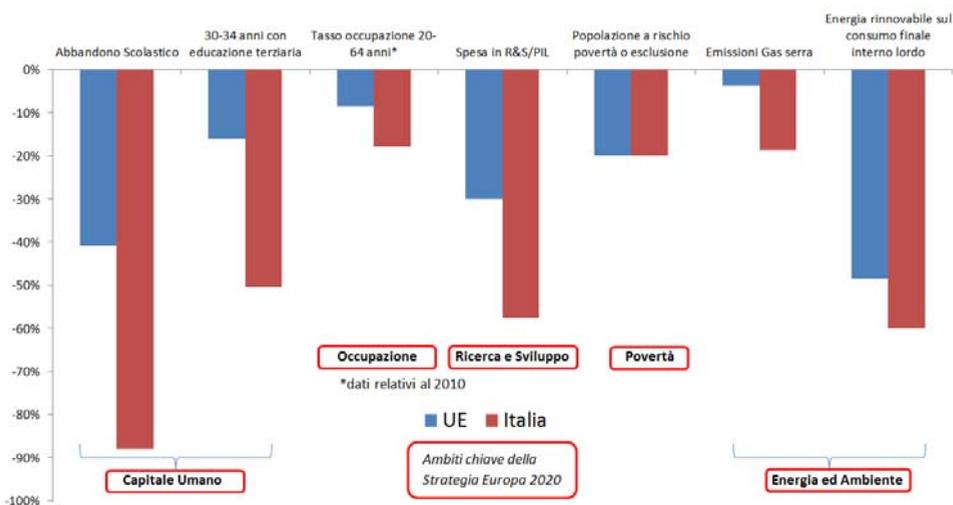
Il settore della gestione dei Rifiuti Solidi Urbani (RSU) si sta orientando verso una gestione integrata dei servizi energetici e ambientali non più limitata alla semplice gestione del ciclo dei rifiuti (pulizia delle strade, raccolta, selezione e trattamento, smaltimento e servizi specifici) e risulta composto da tutte le imprese attive in una o più delle fasi che vanno dal conferimento dei rifiuti solidi urbani da parte del cittadino a una rete di servizio, fino allo smaltimento e al riciclo.

4.2.8 Lo sviluppo sostenibile del sistema Italia

Nel 2010 la Comunità Europea ha predisposto, in risposta alla crisi finanziaria, “Europa 2020 - Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva”. Tale strategia di sviluppo è caratterizzata da cinque ambiti chiave: (1) ricerca e sviluppo, confermando l’obiettivo del 3% della spesa sul PIL; (2) capitale umano, con la riduzione degli abbandoni scolastici sotto la soglia del 10% e l’incremento al 40% della quota di popolazione tra i 30 e i 34 anni con istruzione universitaria o equivalente; (3) occupazione, con il traguardo di un tasso del 75% per la popolazione tra i 20 e i 64 anni; (4) povertà ed esclusione sociale, prevedendo l’uscita da questa condizione di 20 milioni di persone; (5) energia e ambiente, con l’obiettivo di ridurre del 20% le emissioni di gas serra rispetto al 1990, incrementare al 20% la quota delle fonti rinnovabili sul consumo finale interno lordo di energia e migliorare del 20% l’efficienza energetica.

L’Italia, come si vede dalla figura 4.19, è ben al di sotto della media degli altri paesi europei su tutti e cinque i parametri chiave.

Figura 4.19: Indicatori per il monitoraggio della Strategia Europa 2020 - anno 2009 (divario percentuale rispetto ai livelli obiettivo di Europa 2020)



Fonte: Elaborazione ENEA su dati Eurostat

Il Rapporto Annuale 2010 dell'ISTAT¹⁹⁴, come già il precedente rapporto del 2009, prende spunto dalle variabili chiave definite dalla strategia di sviluppo europea per sviluppare l'analisi degli aspetti relativi allo Sviluppo Sostenibile del "sistema Italia". Il quadro che ne risulta non è tra i migliori: un sistema produttivo caratterizzato da un "circolo vizioso", bassi investimenti in ricerca e sviluppo/bassa produttività, un sistema sociale dove non si valorizza a pieno il capitale umano e non si investe nella formazione professionale e un sistema ambientale dove i miglioramenti sono anche legati alla crisi economica e alla conseguente riduzione delle produzioni e non solo alla maggiore efficienza dei sistemi produttivi.

La sostenibilità economica è valutata in base a due parametri: la capacità innovativa delle imprese e la qualità del bilancio pubblico. La sostenibilità sociale è analizzata guardando alla formazione del capitale umano. Infine gli aspetti ambientali della sostenibilità sono presentati nella loro stretta relazione con gli aspetti economici (volumi di spesa e di investimenti).

Lo studio dell'ISTAT, come lo studio *Innovation Union – Competitiveness 2011* della CE, individua nel basso tasso di investimenti in ricerca e sviluppo una caratteristica negativa delle nostre imprese. I limitati investimenti nella valorizzazione della ricerca e della conoscenza costringono il sistema produttivo a specializzarsi in segmenti a basso valore aggiunto, ad avere un ridotto tasso di innovazione e ad un uso non efficiente delle tecnologie disponibili.

L'economia della conoscenza, intesa come la spesa in ricerca e sviluppo e la capacità di innovare di un paese, è indicata nella strategia di Lisbona come uno degli elementi chiave dello sviluppo di lungo periodo. La figura 4.20 mostra come l'Italia sia al di sotto della media europea in quasi tutti gli indicatori che descrivono questa variabile dello sviluppo. Nella figura gli istogrammi a barre mostrano lo scarto percentuale tra Italia e la media UE nei diversi indicatori, raggruppati per comparti (formazione, R&S, capacità innovativa, informatizzazione della società), utilizzati per misurare l'"economia della conoscenza"; nella stessa figura i riquadri rossi mostrano l'evoluzione dell'indice misurato nel 2008 rispetto al valore registrato nel periodo 2000-02.

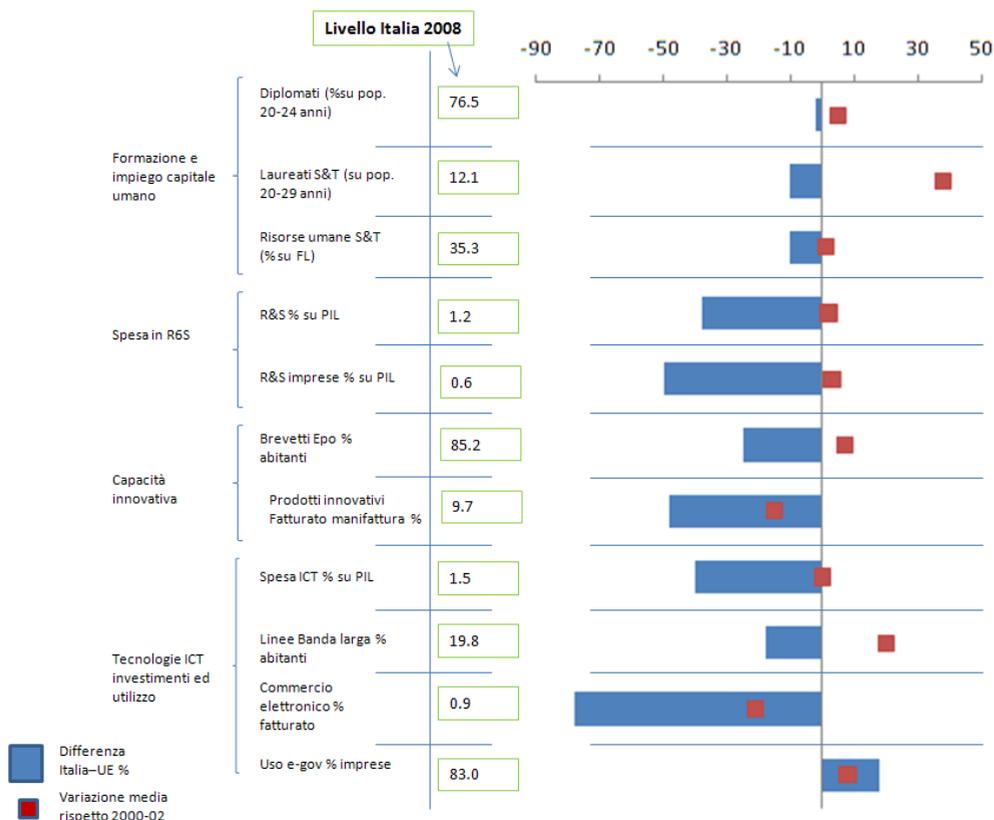
L'Italia, seppur tra chiari e scuri, mediamente presenta un profilo "innovativo" inferiore rispetto alla media europea. Oltre alle difficoltà presenti nella modernizzazione della pubblica amministrazione, l'Italia presenta notevoli ostacoli nello sviluppo dell'innovazione all'interno dello stesso settore industriale. Il sistema economico italiano è, come abbiamo visto, caratterizzato da un'industria manifatturiera formata da PMI e specializzata in settori quali il meccanico, il calzaturiero e il tessile. Tali attività presentano una bassa intensità di R&S, infatti poco più di un terzo delle imprese manifatturiere italiane conduce attività innovative, contro oltre il 70% di quelle tedesche, e questo si riflette sulla

¹⁹⁴ ISTAT, *Rapporto annuale: la situazione del Paese nel 2010*.

“qualità” dei bilanci del settore manifatturiero dove le imprese italiane derivano meno del 10% del proprio fatturato da attività innovative, circa la metà della media dell’UE¹⁹⁵. Altro parametro importante è il numero di ricercatori impiegati nelle realtà industriali; tale indicatore è significativamente più basso in Italia rispetto ad altri paesi europei: i ricercatori italiani sono pari a circa il 3,8% del totale occupati contro una media europea del 9,2%.

Il circolo vizioso della carenza di investimenti in ricerca e sviluppo del sistema imprenditoriale italiano difficilmente potrebbe trovare una soluzione endogena tramite il coordinamento di politiche industriali volte a migliorare il profilo dei settori industriali in termini di innovazione e quindi di competitività.

Figura 4.20: Posizione dell’Italia nella ricerca e sviluppo e nell’innovazione (anno 2008, variazione percentuale rispetto alla media UE e differenza in punti percentuali del divario rispetto al biennio 2000-2002)



Fonte: ISTAT rapporto annuale 2009

¹⁹⁵ ISTAT, capitolo “La crisi e la sostenibilità”, nel Rapporto annuale 2009.

Sfortunatamente il peso del debito pubblico rende tale soluzione difficilmente percorribile, anche alla luce della relativa dispersione degli investimenti del settore pubblico rispetto agli altri paesi europei. Inoltre, come mostrato nella tabella 4.6, gli investimenti pubblici italiani si caratterizzano per la limitata quota destinata all'istruzione e all'alta percentuale di spesa per i generici "servizi generali" rispetto agli altri paesi europei.

Altro punto centrale della sostenibilità di lungo periodo è l'aspetto sociale dello sviluppo del "sistema Italia". Lo studio dell'ISTAT mette in evidenza le caratteristiche dell'evoluzione del "capitale umano" inteso come investimento in conoscenza e capacità di applicare tale conoscenza alla realtà economica del paese.

Il livello di investimento nel capitale umano dipende da molti fattori, primo tra tutti la quantità e la qualità delle risorse allocate per la formazione, iniziale e continua, da parte della pubblica amministrazione e delle imprese.

La figura 4.21 mostra come l'Italia, nonostante la buona *performance* in termini di laureati in materie tecnico-scientifiche, sia indietro rispetto alla media europea rispetto al raggiungimento della maggior parte degli obiettivi della strategia "Europa 2020"¹⁹⁶. Il grafico mostra l'evoluzione dei vari indicatori rispetto al livello obiettivo fissato, il parametro con cui si osserva tale andamento è il divario percentuale tra il valore della rilevazione e quello dell'obiettivo stesso. Come si vede il nostro paese ha avuto un importante miglioramento nella riduzione del tasso di abbandono scolastico rimanendo però ancora al di sotto del livello obiettivo.

In particolare, l'Italia risulta significativamente arretrata quando si guarda alla cosiddetta formazione continua e agli investimenti in formazione sviluppati dalle imprese italiane: in questo campo l'Italia è tra gli ultimi paesi in Europa.

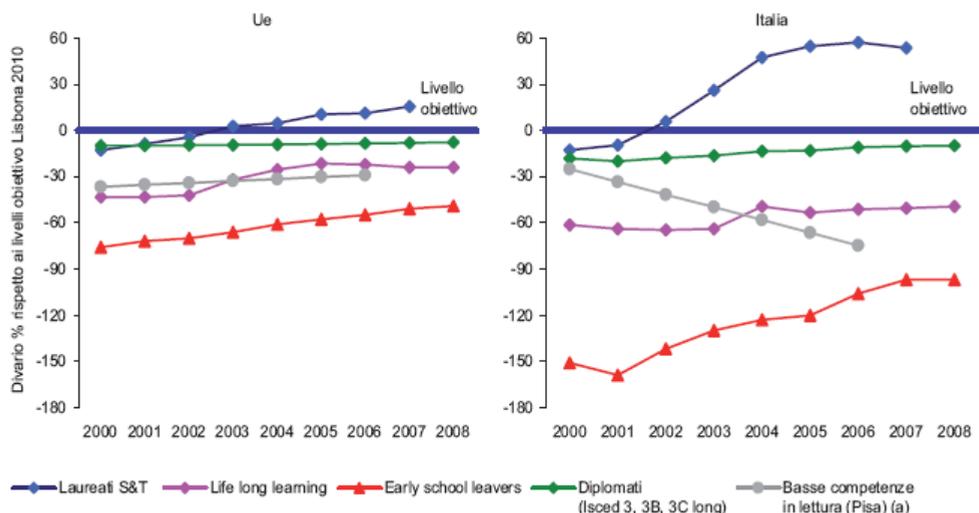
¹⁹⁶ Per "Strategia di Lisbona" si intende il programma di riforme economiche della UE approvato a Lisbona nel marzo 2000. Obiettivo espressamente dichiarato di tale strategia era di rendere l'Europa "la più dinamica e competitiva economia della conoscenza entro il 2010". Per il raggiungimento di tali obiettivi questi sono gli indicatori individuati per quanto attiene la formazione: 1) abbandono scolastico prematuro: ridurre la percentuale di abbandoni scolastici almeno del 10%; 2) matematica, scienze, tecnologie: aumentare almeno del 15% il totale dei laureati in matematica, scienze e tecnologie, diminuendo nel contempo la disparità di genere; 3) completamento del ciclo di istruzione secondaria superiore: arrivare almeno all'85% dei ventiduenenni che abbiano completato tale ciclo di istruzione; 4) competenze di base: ridurre la percentuale dei quindicenni con scarse capacità di lettura almeno del 20% rispetto all'anno 2000; 5) apprendimento permanente (*lifelong learning*): innalzare almeno al 12,5% la partecipazione degli adulti in età lavorativa (25 – 64 anni) all'apprendimento permanente.

Tabella 4.6: Investimenti fissi lordi per funzione di spesa in alcuni paesi europei (anno 2008, %)

Funzione di spesa	Italia	Francia	Germania	UK	Spagna
Servizi generali	16,5	9,7	4,0	5,2	6,8
Difesa	2,9	3,3	4,1	8,8	1,6
Ordine pubblico e sicurezza	4,0	3,5	6,4	7,3	3,8
Affari economici	33,3	13,2	43,2	22,5	43,2
Protezione ambientale	9,4	6,4	6,8	5,6	6,8
Abitazioni e assetto del territorio	10,1	25,2	6,5	3,9	10,8
Sanità	7,5	8,6	0,5	14,8	6,7
Attività ricreative, culturali e di culto	6,9	11,2	5,2	9,6	8,3
Istruzione	7,5	14,6	21,7	20,9	9,6
Protezione sociale	1,9	4,3	1,5	1,5	2,4
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: ISTAT, Rapporto annuale 2009

Figura 4.21: Indicatori per il monitoraggio delle conoscenze e della formazione della popolazione in Italia e nella UE a 27 (anni 2000-2008, divario percentuale rispetto ai livelli obiettivo di Lisbona 2010)



Nota: **ISCED** (*International Standard Classification of Education, classificazione internazionale standard dell'educazione*) è lo standard usato dall'UNESCO come sistema internazionale di classificazione dei corsi di studio e dei relativi titoli. Il Livello 3, Istruzione secondaria superiore con le sue tre declinazioni, nel sistema d'istruzione italiano corrisponde alla scuola secondaria di secondo grado.

PISA: Programma per la valutazione internazionale dell'allievo, è una indagine triennale internazionale promossa dall'OCSE (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico o *Organisation for Economic Co-operation and Development* – OECD) nata con lo scopo di valutare il livello di istruzione degli adolescenti dei principali paesi industrializzati.

Fonte: ISTAT, Rapporto annuale 2009

Nella tabella 4.7 si confrontano diversi paesi europei in base alla percentuale di imprese per singolo paese che hanno effettuato programmi di formazione continua nel 2005, l'Italia con il 32% risulta in coda ben al disotto di paesi come Germania (69%), Francia (74%), Regno Unito (90%) o Spagna (47%).

Tabella 4.7: Imprese con 10 addetti e oltre che hanno svolto formazione continua e partecipanti ai corsi nei paesi europei (anno 2005, %)

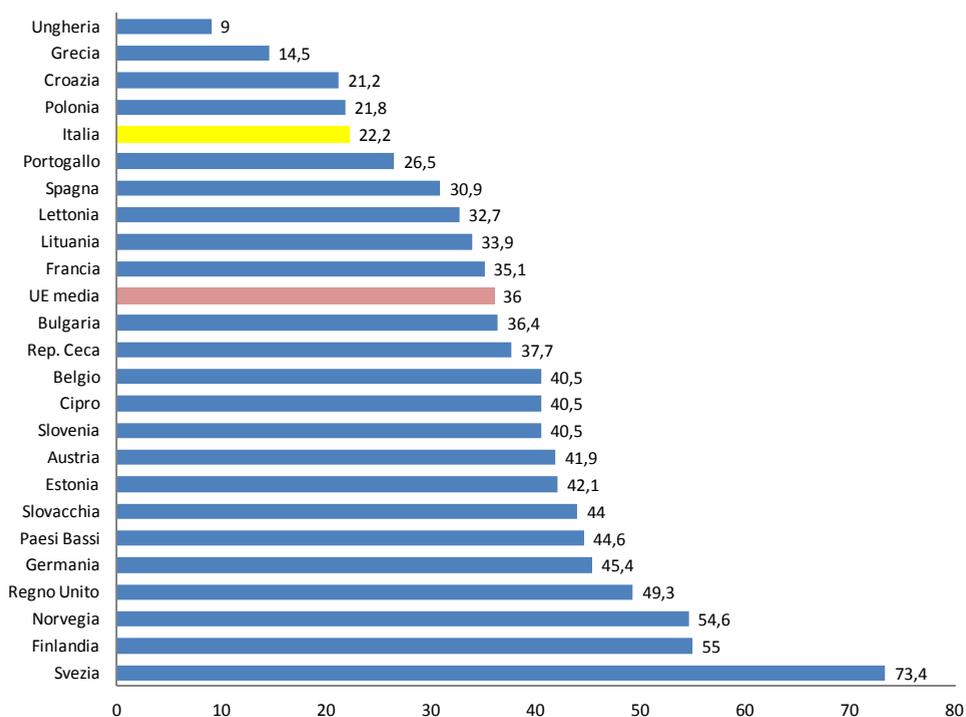
PAESI	Imprese che hanno svolto formazione continua		Partecipanti a corsi di formazione (% sul totale degli addetti con le stesse caratteristiche)			
	% sul totale delle imprese	Differenze % 1999-2005	Classe di età			
			Meno di 25 anni	Da 25 a 54 anni	55 anni e più	Totale
Regno Unito	90	3	34	34	26	33
Danimarca	85	-11	29	35	36	35
Austria	81	9	36	34	21	33
Svezia	78	-13	39	50	37	46
Finlandia	77	-5	25	43	34	39
Paesi Bassi	75	-13	26	38	23	34
Francia	74	-2	....	....	....	....
Slovenia	73	25	47	51	32	50
Lussemburgo	72	1	42	51	31	49
Repubblica Ceca	72	3	54	60	54	59
Germania	69	-6	25	32	21	30
Estonia	67	4	25	26	15	24
Irlanda	67	-12	....	....	....	....
Belgio	63	-7	35	41	28	40
Slovacchia	60	60	32	40	32	38
Cipro	51	....	22	31	15	30
Ungheria	49	12	12	17	9	16
Spagna	47	11	30	35	25	33
Lituania	46	3	17	15	9	15
Malta	46	....	29	34	24	32
Portogallo	44	22	26	29	18	28
Romania	40	29	17	18	12	17
Lettonia	36	-17	16	15	8	15
Polonia	35	-4	16	22	13	21
Italia	32	8	22	30	22	29
Bulgaria	29	1	15	16	8	15
Grecia	21	3	13	14	7	14
Ue	60	-1	29	33	24	33

Fonte: ISTAT, Rapporto Annuale 2009

La situazione non migliora se si guarda non al numero di imprese ma al numero di persone in età post scolare (25-64 anni) che hanno effettuato almeno un corso di formazione nel 2007 (figura 4.22). L'Italia con una percentuale del 22,2% di persone che hanno frequentato almeno un corso, nella classe di età presa in esame, ha ben 14 punti percentuali di differenza rispetto alla media UE pari al 36%.

Tale arretratezza del sistema produttivo, in termini di formazione, si riflette anche nel sotto inquadramento del personale che ha registrato un sensibile peggioramento nel quinquennio 2004-2009 (figura 4.23).

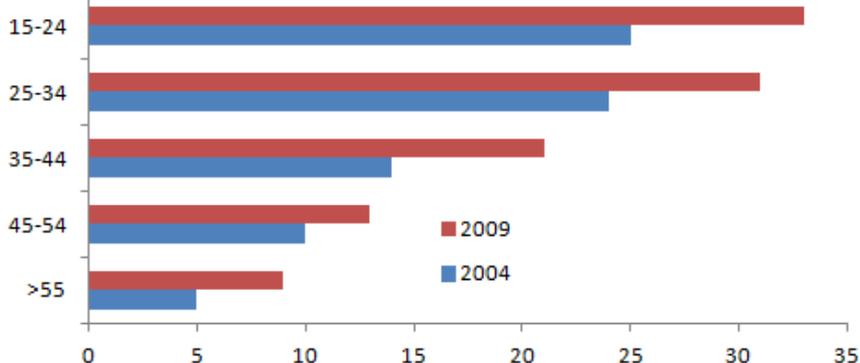
Figura 4.22: Persone di 25-64 anni che hanno effettuato almeno una attività di studio o formazione in alcuni paesi europei (anno 2007, per 100 persone di 25-64 anni dello stesso paese)



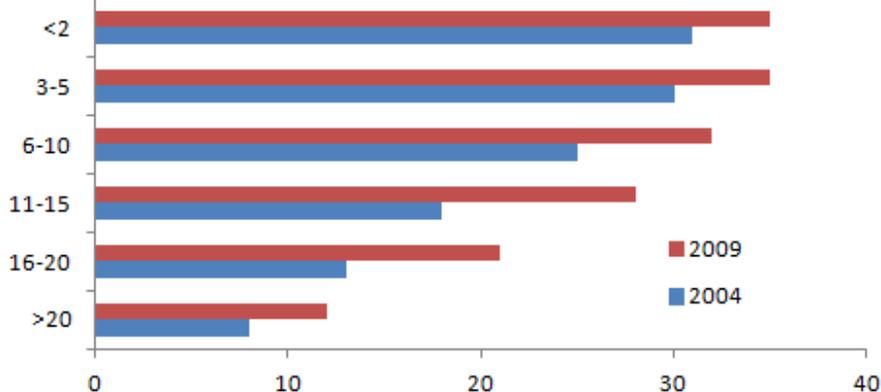
Fonte: ISTAT rapporto annuale 2009

Figura 4.23: Sotto-inquadrati per classe di età e anzianità lavorativa (anni 2004 e 2009, % sugli occupati con le stesse caratteristiche)

- per classe di età



- per anzianità lavorativa



Fonte: ISTAT, Rapporto annuale 2009

Infine la dimensione ambientale, forse la più “visibile”, dello sviluppo sostenibile è analizzata, nel rapporto annuale dell’ISTAT, tenendo conto delle sue strette interconnessioni con la dimensione economica quantificabile, in prima battuta, con la spesa sostenuta dalle imprese e dalle amministrazioni pubbliche per interventi orientati alla tutela ambientale per la riduzione delle emissioni e per la gestione dei rifiuti, delle acque reflue e delle risorse idriche.

La sostenibilità ambientale confermata negli obiettivi strategici di Europa 2020, a livello europeo, era stata già integrata nella strategia di Lisbona dal Consiglio di Gotheborg del giugno 2001 che ha approvato la strategia UE per lo sviluppo sostenibile. In particolare la strategia Europa 2020 fissa tre obiettivi di sviluppo sostenibile legati alla qualità dell’ambiente:

- la riduzione delle emissioni di gas serra nella misura del 20% rispetto ai livelli del 1990;
- l'incremento al 20% della quota dei consumi finali da energie rinnovabili;
- l'aumento del 20% dell'efficienza energetica.

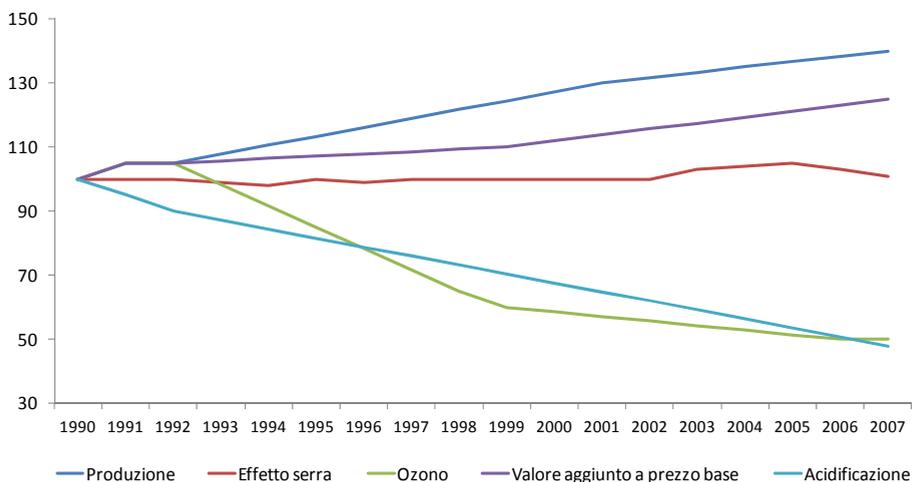
Al fine del raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile così fissati, particolarmente importante è il coinvolgimento del settore industriale che, tramite lo sviluppo e l'adozione di tecnologie "pulite", può iniziare il processo di riduzione delle emissioni delle attività produttive e di "decoupling" tra crescita economica e sfruttamento delle risorse naturali.

Come riportato dai dati ISTAT, in Italia le attività produttive sono responsabili della gran parte delle emissioni di quasi tutti gli inquinanti atmosferici:

- 80% per anidride carbonica (CO₂), ossidi di azoto e particolato;
- superiori al 90% per metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), gas acidificanti e precursori dell'ozono troposferico;
- prossime al 100% per quasi tutti i metalli pesanti.

Come mostrato dalla figura 4.24, dal 1990 si registra una generale diminuzione delle emissioni atmosferiche derivanti da cicli produttivi e quindi un disaccoppiamento dalla crescita economica. Il grafico mostra, tramite l'andamento della produzione e del valore aggiunto, la crescita economica e, tramite il trend delle emissioni acidificanti, delle emissioni di precursori dell'ozono troposferico e delle emissioni rilevanti per l'effetto serra, il livello di emissioni dannose per l'ambiente. Per le emissioni acidificanti e quelle relative all'ozono vi è un disaccoppiamento

Figura 4.24: Produzione, valore aggiunto e emissioni delle attività produttive – Anni 1990-2007 (numeri indice, base 1990=100, valore aggiunto e produzione a valori concatenati, base 2000)



Fonte: ISTAT, Rapporto annuale 2009

assoluto mentre per i gas serra si registra un disaccoppiamento relativo (la crescita delle emissioni è meno che proporzionale rispetto alla crescita economica).

Sfortunatamente, la riduzione delle emissioni di gas serra per il 2008 deve essere attribuita alla caduta generale del livello dell'attività produttiva e non al miglioramento dell'efficienza ecologica del sistema produttivo; a partire dal 2008 infatti la riduzione accelera, proseguendo con intensità particolarmente elevata nel 2009, quando il calo rispetto all'anno precedente raggiunge il 7,1% come media dei paesi UE (ISTAT, Rapporto annuale: la situazione del Paese 2010).

Il secondo obiettivo di sviluppo ambientale sostenibile fissato dalla strategia Europa 2020 è relativo all'utilizzo di energie rinnovabili. Il *target* fissato per l'Italia è pari al 17% sul totale delle fonti energetiche. Tale obiettivo è molto ambizioso: infatti è pari a due volte e mezzo l'attuale quota di energie rinnovabili utilizzate nel nostro paese, pari a 6,8% del totale contro una media UE del 10,3%.

Anche per quanto riguarda il criterio dell'efficienza energetica (terzo aspetto della sostenibilità ambientale della strategia Europa 2020 è l'aumento del 20% di efficienza energetica), l'Italia ha un obiettivo sfidante. L'indicatore per misurare i miglioramenti dell'efficienza energetica è l'intensità energetica dell'economia, definita come il consumo nazionale lordo di energia per unità di PIL (chilogrammi di petrolio equivalente per mille euro). L'economia italiana, che parte da valori assoluti più bassi di intensità energetica rispetto alla media UE, dal 1990 al 2008 ha registrato una riduzione dell'intensità energetica pari a solo il 5,4%, molto meno rispetto ad altri paesi comparabili quali Francia, meno 12,9%, e Regno Unito, meno 32,9%, paese questo che dal 1999 risulta energeticamente più efficiente dell'Italia, anche in termini assoluti¹⁹⁷.

Da un punto di vista "macro" le emissioni nocive per l'ambiente sono significativamente diminuite negli ultimi anni; è importante distinguere, però, quando tale calo è dovuto ad un miglioramento dell'efficienza dei processi produttivi o piuttosto ad un calo della produzione (fenomeno preponderante negli anni di crisi economica).

Tra i settori produttivi "virtuosi" spicca il comparto della fabbricazione di prodotti chimici e di fibre sintetiche e artificiali (dati ISTAT: rapporto annuale 2009) che ha dato il maggior contributo alla riduzione delle emissioni (-15,6 milioni di tonnellate nel periodo 1990-2007). L'incidenza percentuale del settore chimico sul totale delle emissioni alla fine del periodo esaminato è circa il 3,7% del totale, mentre era il 7% nel 1990. Tale miglioramento è dovuto soprattutto al fattore efficienza ecologica nell'uso dell'energia (con miglioramenti notevoli anche al di fuori dei processi di combustione), il quale ha più che compensato l'effetto dell'aumento nel livello di attività (circa 6,8 milioni di tonnellate in più).

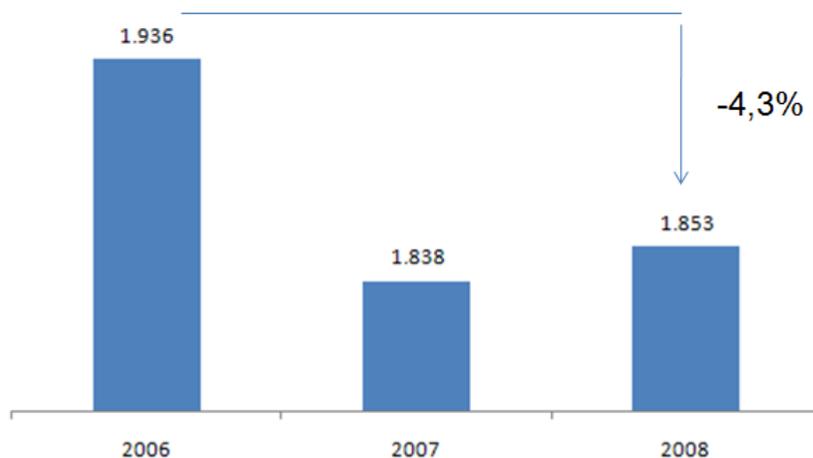
¹⁹⁷ ISTAT, *Rapporto annuale: la situazione del Paese 2010*.

L'ISTAT ha inoltre presentato uno studio sulla spesa in protezione ambientale del solo settore industriale¹⁹⁸ dove sono analizzati i dati relativi sia agli investimenti *end of pipe* (attrezzature, installazioni o dispositivi per il controllo e l'abbattimento dell'inquinamento, che agiscono dopo che questo è stato generato) sia quelli integrati (attrezzature, installazioni o dispositivi, che prevengono o riducono alla fonte l'inquinamento generato dal processo produttivo), realizzati dalle imprese che operano nell'industria in senso stretto¹⁹⁹, a proprio uso e consumo, senza vendita a terzi sul mercato.

Da tale analisi risulta che la spesa per investimenti ambientali nel 2008 è stata pari a 1853 milioni di euro, sostanzialmente stabile rispetto al 2007 ma in calo rispetto al 2006 (figura 4.25).

Tali investimenti sono dovuti principalmente alle grandi imprese con più di 250 addetti, con una forte preponderanza degli investimenti *end of pipe* (figura 4.26).

Figura 4.25: Investimenti per la protezione ambientale delle imprese industriali in Italia (milioni di €)



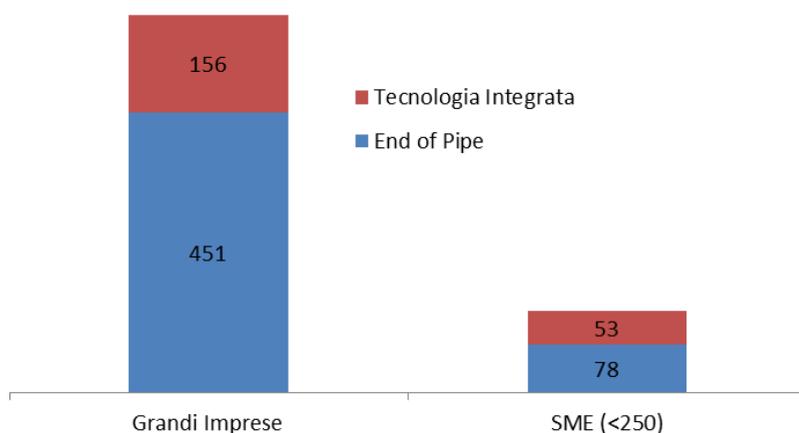
Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT, *Gli investimenti per la protezione dell'ambiente delle imprese industriali, Anno 2008*

¹⁹⁸ ISTAT: *Gli investimenti per la protezione dell'ambiente delle imprese industriali, Anno 2008*, 5 gennaio 2011.

¹⁹⁹ Si tratta delle imprese appartenenti alle sezioni B, C, D, E della nuova classificazione Ateco 2007, con l'esclusione delle imprese che svolgono attività relative alla gestione delle reti fognarie, attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti, recupero dei materiali ed attività di risanamento ed altri servizi di gestione dei rifiuti (divisioni 37, 38 e 39).

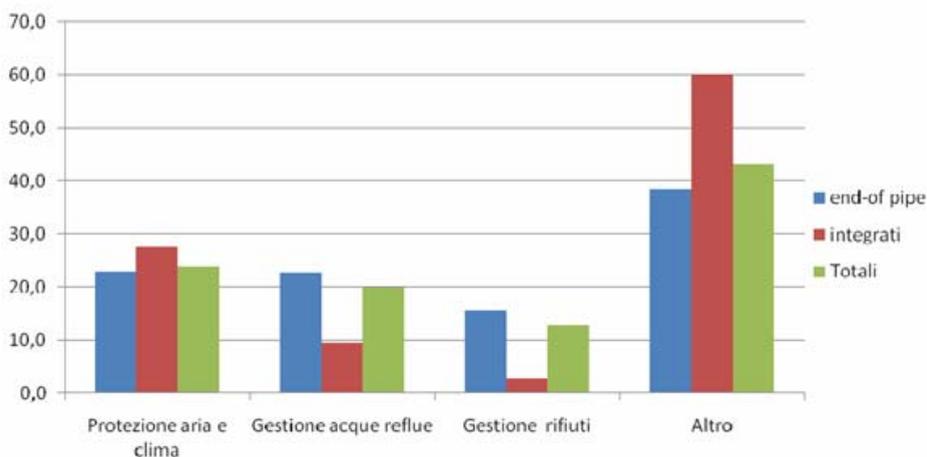
Nel 2008 il mix di investimenti nel settore ambientale di intervento confermano la prevalenza della spesa a protezione del suolo, acque e biodiversità e dell'abbattimento del rumore (raggruppati nella voce altro della figura 4.27). Da tali investimenti sono escluse le attività relative alle gestione delle reti fognarie, di raccolta trattamento e smaltimento dei rifiuti, recupero dei materiali e di risanamento.

Figura 4.26: Investimenti per la protezione ambientale delle imprese industriali in Italia per classi di addetti e tipologia di investimento (milioni di €)



Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT, *Gli investimenti per la protezione dell'ambiente delle imprese industriali, Anno 2008*

Figura 4.27: Investimenti per la protezione dell'ambiente delle imprese industriali (% , Italia, anno 2008)



Fonte: ISTAT, *Gli investimenti per la protezione dell'ambiente delle imprese industriali, Anno 2008*

Come è stato precedentemente riportato, il rapporto ISTAT analizza l'andamento storico della spesa e degli investimenti nel settore della protezione ambientale sia a livello aggregato (spesa nazionale) sia in relazione al solo settore industriale in senso stretto. In conclusione di questo capitolo è interessante riportare alcune considerazioni sull'effettiva propensione agli investimenti in tecnologie ambientali da parte dei privati in Italia.

In una recente conferenza organizzata dall'ETAP²⁰⁰ (*Environmental Technologies Action Plan*) nel novembre 2010 sono stati presentati alcuni dati circa le iniziative intraprese da *Venture Capital* (VC) nel settore dell'eco-innovazione in Europa. I dati relativi ai VC permettono di capire il "dinamismo e l'interesse" verso un particolare settore di investimenti nella sua fase di avvio. Come riportato nella tabella 4.8, l'Europa meridionale risulta molto meno dinamica nell'attrarre investimenti nel settore dell'eco innovazione sia in termini di investimenti complessivi che di numero di iniziative finanziate.

Tabella 4.8: Investimenti di *Venture Capital* nel settore delle tecnologie eco compatibili in Europa

	2007		2008		3Q2009	
	Mil \$	Num. Operazioni	Mil \$	Num. Operazioni	Mil \$	Num. Operazioni
Eu. Centro orientale	20	2	13	1	7	1
Israele	66	15	247	22	73	16
Scandinavia	171	18	374	17	234	20
Eu. Meridionale	279	6	86	3	22	3
Eu. Occidentale	731	92	1090	103	690	79

Nota: 3Q2009 = I primi 9 mesi del 2009.

Fonte: *Cleantech Investment monitor 2008, 3Q09*

²⁰⁰ 9th European Forum on Eco-Innovation Financing the eco-innovators: 29-30 novembre 2010, Bruxelles. ETAP è il programma di azione promosso dalla Commissione europea per la promozione delle tecnologie eco-compatibili.

I risultati di una ricerca, promossa da Norton Rose e Cleartech²⁰¹ per misurare l'evoluzione futura del settore delle tecnologie eco compatibili secondo gli attori del mercato stesso, confermarono la posizione di arretratezza del sud Europa, e dell'Italia in particolare, nel campo degli investimenti e dell'innovazione nel settore delle tecnologie eco compatibili. In tale ricerca l'Italia risulta arretrata rispetto ad altri paesi europei in termini di attrattività del mercato per investitori privati in "tecnologie pulite" (figura 4.28).

Anche nel campo della capacità di innovazione, misurata in base al numero di brevetti, l'Italia mostra di essere particolarmente debole rispetto agli altri paesi europei come riportato nella figura 4.29 tratta da un'analisi dell'OCSE.

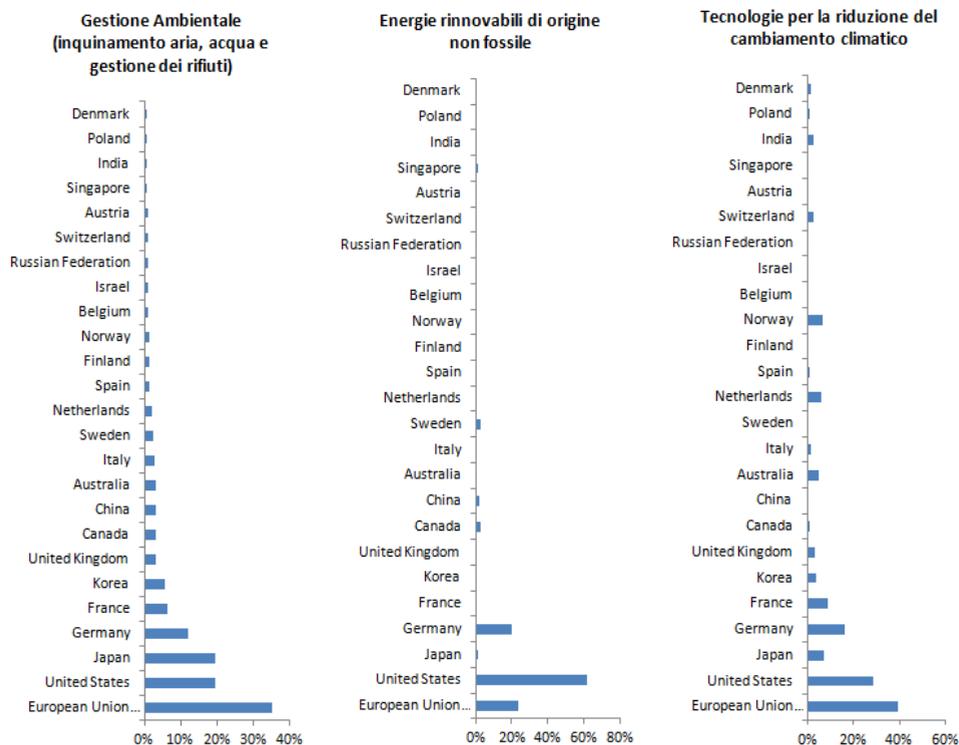
Figura 4.28: Quale tra queste regioni avrà secondo lei il maggior beneficio da investimenti privati nel settore delle "tecnologie pulite"?
Risposte da parte di investitori istituzionali e società operanti nel settore cleantech (tecnologie pulite o eco compatibili)



Fonte: Cleantech investment and private equity: An industry survey. Norton Rose llp, Cleantech investor, giugno 2010

²⁰¹ Cleantech investment and private equity: An industry survey, Norton Rose llp, Cleantech investor, giugno 2010. Ricerca di mercato basata su interviste, in USA ed Europa, a 446 attori del settore in oggetto suddivisi tra investitori istituzionali, società di produzione ed esperti.

Figura 4.29: Contributo percentuale per paese al numero di brevetti, sotto il trattato di cooperazione sui brevetti (PCT), in tecnologie ambientali, anno 2009



Fonte: Elaborazione ENEA su dati OCSE, http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=PATS_IPC

4.3 I costi esterni

La letteratura sulle esternalità è molto vasta ed è caratterizzata dal dibattito sulla terminologia, su alcuni aspetti specifici e sulle azioni necessarie per eliminarle²⁰²; a questa si affianca un'attività di studio e analisi delle metodologie di valutazione delle esternalità stesse.

Una esternalità si manifesta quando la produzione o il consumo di un soggetto influenza, negativamente o positivamente, il benessere di un altro soggetto terzo, senza che quest'ultimo riceva una compensazione (nel caso di impatto negativo) o paghi un prezzo (nel caso di impatto positivo) pari al costo o al beneficio sopportato/ricevuto; una tale situazione fa sì che il comportamento dei singoli, volto a massimizzare il proprio beneficio individuale, non genera a livello collettivo un'allocazione ottimale delle risorse.

Condizioni affinché vi sia un'esternalità negativa sono che l'esternalità sia un effetto non intenzionale di un'attività comunque legittima (Mishan E. J., 1971)²⁰³ e che l'agente che causa il danno non compensi il danneggiato (Baumol e Oates, 1988)²⁰⁴.

Sebbene questa definizione possa apparire semplice e univoca, il concetto di esternalità è uno dei concetti più elusivi della teoria economica (Scitovsky, 1954)²⁰⁵, la difficoltà nel definire in modo univoco e rigoroso tale concetto ha portato a sovrapporlo e confonderlo con i concetti di beni pubblici e di fallimenti di mercato.

Da un punto di vista storico-cronologico nei primi lavori vi era una netta distinzione tra l'idea di esternalità e quella di bene pubblico; nella letteratura più recente, invece, i beni pubblici sono considerati un caso particolare di esternalità. Per quanto riguarda il concetto di fallimento di mercato si è raggiunto nel tempo un solido consenso nel distinguerlo dal concetto di esternalità (vi sono delle esternalità che non sono dei fallimenti di mercato e viceversa: ad esempio le esternalità pecuniarie, cioè quelle che sono direttamente trasmesse dal mercato

²⁰² Bator F. M., "The anatomy of market failure", in *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 72, n. 3, August 1958, pp. 351-379. Freeman R. E., *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, 1984.

Bird P., "The transferability and depletability of externalities", in *Journal of Environmental Economics and Management*, 1987.

Peskin H., *Environmental and Non-market Accounting in Indonesia*, a Report for the Environmental Sector Review (Phase II), Jakarta, 1988.

Coase R. H., "The problem of social cost", in *Journal of Law and Economics*, 1960.

Dales, J. H., "Land, Water, and Ownership,". In *Canadian Journal of Economic*, 1968.

²⁰³ Mishan E. J., "The postwar literature on externalities: an interpretative essay", in *Journal of Economic Literature*, 1971.

²⁰⁴ Baumol W. and Oates W., *The Theory of Environmental Policy*, 1988; Pigou A., *The economics of welfare*, 1920.

²⁰⁵ Scitovsky T., "Two concepts of external economies", in *The Journal of Political Economy*, 1954.

come l'aumento, a beneficio dei produttori, dei prezzi a causa di un aumento della domanda, e il monopolio naturale dall'altro).

Altro aspetto rilevante studiato in letteratura è l'analisi dei criteri di classificazione delle esternalità. La classificazione tradizionale si limita a distinguere tra esternalità tecnologiche e pecuniarie ed esternalità di produzione e consumo. Le esternalità tecnologiche producono i loro effetti (cambiamenti nelle funzioni di produzione o di utilità dei consumatori) indipendentemente dai meccanismi di mercato, mentre, le esternalità pecuniarie sono il risultato del mercato economico e si riflettono in variazioni dei prezzi. La seconda classificazione, meramente formale in verità, distingue le esternalità a seconda degli agenti coinvolti: esternalità di produzione, per le imprese, ed esternalità di consumo, per i consumatori.

Secondo Pareto²⁰⁶ una esternalità si definisce "rilevante" quando il soggetto che la "subisce" matura il desiderio di modificare il comportamento di chi l'ha causata, altrimenti è considerata "irrilevante".

Un'ulteriore distinzione, importante perché mette in evidenza la natura "privata" o "pubblica" dell'esternalità, è tra esternalità *depletable* (esauribili, caratterizzate da razionabilità, esauribilità ed escludibilità), caratteristiche tipiche dei beni privati e le esternalità *undepletable* (non-esauribili, caratterizzate, invece, da indivisibilità, non escludibilità e non esauribilità), caratteristiche tipiche del bene pubblico. Il ricadere nell'una o nell'altra categoria dipende dalla natura dell'esternalità stessa e non dal bene cui afferisce: l'inquinamento di una falda acquifera è *undepletable* in quanto l'acqua inquinata lo è per tutti indifferentemente e "non è possibile delimitare uno spazio pulito" anche se fossi disposto a pagarlo; l'acqua di una piscina è, al contrario, *depletable* cioè ragionevole, escludibile ed esauribile.

A prescindere dalla categoria nella quale ricadono, tutti i tipi di esternalità possono essere: unilaterali o reciproche e reversibili o irreversibili. Un esempio di esternalità reciproca è quella derivante dal settore dei trasporti dove l'agente, il conducente o comunque l'utente dell'autoveicolo, è allo stesso tempo "vittima" e "carnefice".

4.3.1 Esternalità e ambiente, l'esperienza ExterneE

Il rapido processo di industrializzazione e il conseguente incremento dei consumi energetici associato alla crescita delle economie, come Cina e India, ha comportato, negli ultimi decenni, l'intensificarsi degli impatti ambientali locali e il manifestarsi di cambiamenti dell'ambiente su scala globale. Intorno a questo tema si è sviluppato un esteso corpo di letteratura che, in parte, poggia sulla precedente riflessione economica in materia di effetti esterni che ha contribuito a dare

²⁰⁶Pareto V., *Manuale di economia politica con una introduzione alla scienza sociale*, 1906.

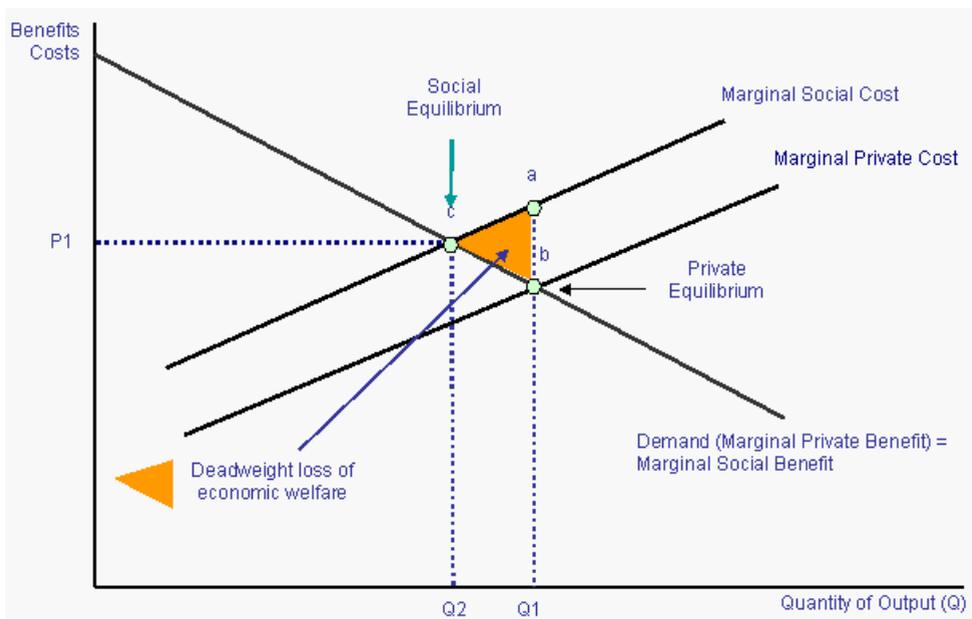
impulso al concetto di sviluppo sostenibile.

Un punto centrale dell'economia ambientale è l'analisi delle esternalità (specialmente le esternalità negative) e l'individuazione delle politiche per porvi rimedio.

Dal punto di vista economico, le esternalità esistono in quanto non vi è un mercato che, assegnando a esse un prezzo, realizzi un'allocatione ottimale delle risorse. Nell'economia ambientale il concetto di esternalità è strettamente legato all'utilizzo dei beni pubblici; si pensi all'inquinamento dell'aria, quando cioè l'utilizzatore del bene non si fa interamente carico del costo sociale dell'utilizzo del bene stesso.

Nella figura 4.30 si schematizza la "perdita sociale secca" in presenza di esternalità. La retta inclinata negativamente rappresenta la "curva di domanda" mentre la retta inclinata positivamente è "la curva di offerta". L'incrocio fra le due rette indica il punto di equilibrio dove ad un dato prezzo domanda e offerta si incontrano. Come si vede quando il produttore non "internalizza i costi dell'inquinamento" ha una struttura dei costi e quindi una curva di offerta "più bassa" (a parità di prezzo corrisponde una quantità maggiore). La differenza tra le due curve di offerta (con o senza l'inclusione dei costi di esternalità), indicata dall'area arancione, è la perdita sociale secca cioè i costi delle esternalità che si è costretti a subire.

Figura 4.30: La "perdita sociale secca" in presenza di esternalità



Fonte: *Externalities, Market Failure, and Government Policy*, D. Zilberman University of California at Berkeley –www.berkeley.edu

Come si vede si sta implicitamente assumendo che l'impatto ambientale/esternalità sia tradotto in un valore monetario. Si tratta di un'operazione complessa che ha un ruolo cruciale nel contesto del controllo delle esternalità.

La Commissione Europea ha lanciato, nel 1991, il programma ExternE proprio per arrivare alla definizione di una metodologia di valutazione delle esternalità (costi esterni).

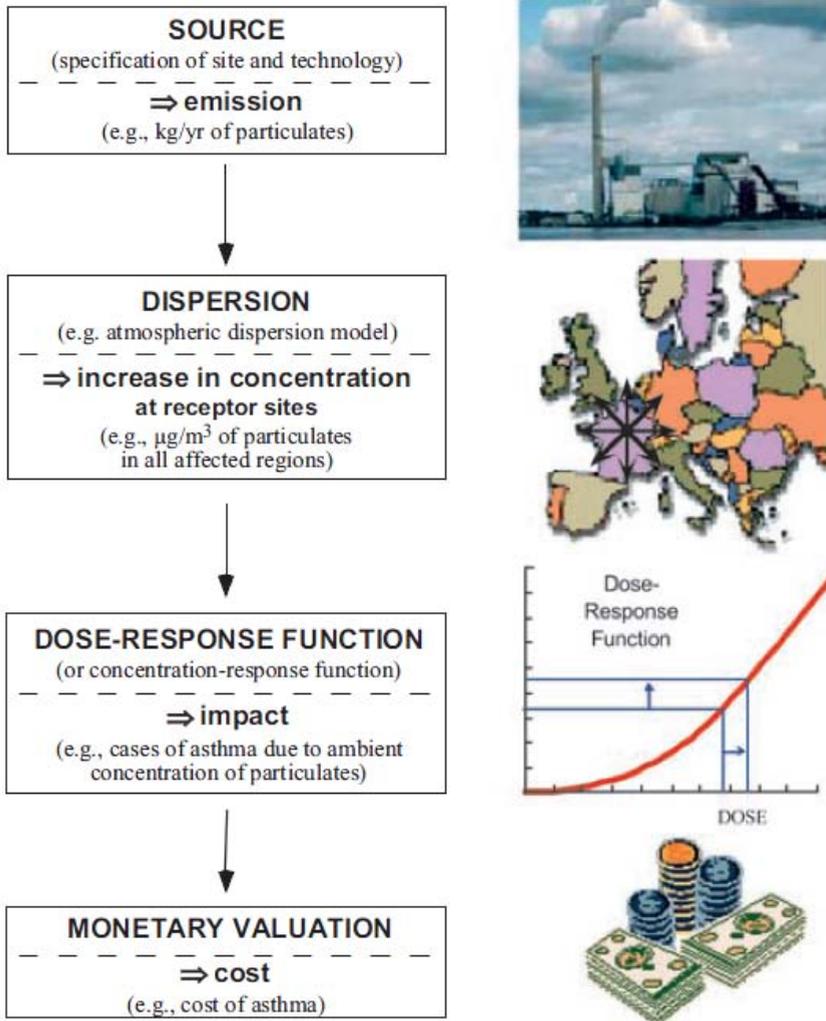
Il programma, che ha avuto più fasi e continua ancora oggi nelle attività di implementazione nazionale, nasce per la valutazione dei danni da inquinamento dell'aria derivanti dalla produzione di energia; successivamente l'attività è stata estesa ad altri settori quali i trasporti, l'agricoltura, la gestione dei rifiuti (*next ExternE*).

Il metodo di valutazione sviluppato dal progetto ExternE si basa sulla metodologia dei sentieri di impatto (*Impact Pathway Approach - IPA*). Si tratta di un approccio "bottom up" dove il valore dell'esternalità è stimato partendo dalla "fonte delle emissioni", si valuta, cioè, nel caso delle emissioni in atmosfera di una centrale per la produzione di energia elettrica, l'intera vita della centrale, l'intero ciclo del combustibile, e lo smantellamento della centrale stessa a fine vita dell'impianto.

La metodologia dei sentieri di impatto, riportata nella figura 4.31, può essere descritta come segue:

- emissione: descrizione del quadro di riferimento e dei principali inquinanti, ad esempio, kg di ossidi di azoto (NO_x) per GWh emessi da una centrale elettrica in un sito specifico;
- dispersione: calcolo delle concentrazioni incrementali di inquinanti in tutte le regioni colpite, ad esempio concentrazione incrementale di ozono, utilizzando modelli di dispersione atmosferica e di formazione dell'ozono (O₃) causata da NO_x;
- impatto: calcolo dell'esposizione cumulata dalla maggiore concentrazione, seguito dal calcolo degli impatti (danni in unità fisiche) da questa esposizione utilizzando una funzione di dose-risposta, per esempio casi di asma a causa di questo aumento di ozono;
- costo: valutazione di questi impatti in termini monetari, ad esempio, moltiplicazione per il valore monetario di un caso di asma.

Figura 4.31: La metodologia dei sentieri di impatto, adottata nell'ambito del progetto ExternE, nel caso dell'inquinamento atmosferico



Fonte: ExternE project, 2005

Sinteticamente, la metodologia ExternE si può riassumere, quindi, nelle fasi seguenti:

1. Definizione delle attività da valutare e del quadro di riferimento. Individuazione dei principali fattori di impatto ed esternalità.
2. Stima degli impatti e/o effetti dell'attività (in termini fisici).
3. Monetizzazione degli impatti.
4. Valutazione di incertezze, analisi di sensitività.
5. L'analisi dei risultati e conclusioni.

Il progetto ExternE e le altre numerose iniziative scientifiche presenti a livello internazionale, si occupano di quantificare, quindi, i valori monetari di danno (i costi esterni unitari) provocati da un determinato fattore di impatto (ad esempio l'emissione di CO₂).

Il percorso che consente di passare dal valore monetario unitario, alla quantificazione dei costi esterni totali è descritto sinteticamente nel seguito.

Utilizzando un'altra definizione, le esternalità vengono anche definite come gli effetti prodotti da una attività che ricadono non solo su di essa ma anche sulla collettività. Nel caso delle esternalità legate alla produzione di energia o dall'esercizio dei veicoli, ad esempio, i principali costi che ricadono sulla collettività (singoli individui e/o Stato) sono legati alle emissioni di inquinanti atmosferici e di gas serra, a cui si aggiungono, nel caso del sistema dei trasporti, gli effetti legati alla congestione dei veicoli, agli effetti degli incidenti, ai danni provocati dal rumore²⁰⁷.

Per poter valutare le esternalità, quindi, è necessario ricorrere alla definizione dei fattori che le caratterizzano (fattori di impatto), oggettivamente misurabili in termini fisici, che provocano gli effetti esterni (in termini negativi, i danni). Facendo riferimento, ad esempio, alle esternalità prodotte dal rumore causato dall'esercizio dei veicoli di trasporto, i fattori di impatto misurabili sono i livelli di emissione sonora, misurabili secondo gli standard di misura internazionali tramite il Leq dB(A) (decibel in scala A). Gli effetti esterni prodotti dal rumore, secondo la letteratura scientifica e le ricerche epidemiologiche anche locali, sono di vario tipo come ad esempio gli effetti sanitari (malattie al sistema uditivo e disturbi del sonno o della percezione) e anche gli effetti indiretti (come ad esempio il deprezzamento di una abitazione che affaccia su una nuova arteria di viabilità). Nel caso delle emissioni di gas serra, che provocano l'effetto serra incrementale responsabile dell'innalzamento delle temperature medie del pianeta di cui si occupa non solo la comunità scientifica internazionale ma anche, soprattutto la comunità internazionale a livello politico (recente Vertice sul clima a Durban - nov.-dic. 2011), i fattori di impatto saranno proprio le emissioni che

²⁰⁷ Cutaia L., Mastino G., Buscema I. – Amici della Terra, *Alluminio, trasporto, ambiente. Compatibilità ambientale di una potenziale crescita dell'uso dell'alluminio nel settore trasporti*, FrancoAngeli editore, 2004.

provocano il fenomeno (CO₂, CH₄, N₂O, ecc.) misurabili quantitativamente in termini fisici (tonnellate di CO₂ eq).

Per poter valutare le singole esternalità separatamente, sarebbe sufficiente la quantificazione fisica dei fattori di impatto (ad es., emissioni di gas serra, tonnellate di CO₂ eq). Tuttavia se la quantificazione delle esternalità di un bene/servizio comprende differenti fattori di impatto (ad es. effetto serra – tonn. di CO₂, rumore - Leq dB(A), inquinamento atmosferico – tonn. di SO_x, ecc, incidentalità – n. di morti e feriti ecc.) è necessario riportare tutte queste grandezze ad un'unica unità di misura, attraverso l'applicazione dei valori monetari unitari di danno (misurati, ad es. per i gas a effetto serra, come €/tonn CO₂) della cui stima si occupa appunto, ad es., il progetto ExternE ma non solo. I valori monetari di danno descrivono, in altre parole, il danno marginale unitario derivante dall'emissione incrementale di un'unità di un determinato fattore di impatto.

A titolo di esempio, si riportano i valori monetari di danno dei gas a effetto serra come stimati in uno studio condotto dall'istituto CE Delft (tabella 4.9)²⁰⁸.

La conoscenza dei fattori di impatto in termini fisici provocati da un determinato bene/servizio (ad es. l'esercizio dei veicoli da trasporto in un determinato anno di riferimento) in termini, ad es., di tonn. di CO₂ prodotta nonché del valore monetario unitario di danno stimato per quel tipo di fattore (ad es. nel caso della CO₂ il valore centrale della stima 2010, ossia 25 €/tonn CO₂eq), consente di stimare il costo esterno totale.

La quantificazione del danno ambientale, e quindi dei costi esterni totali, è un elemento centrale per le decisioni di politiche di intervento predisposte dal regolatore al fine di "internalizzare le esternalità" e avvicinarsi verso una migliore allocazione delle risorse.

Tabella 4.9: Stima dei valori monetari unitari di danno dei gas a effetto serra (€/tonn CO₂eq)

Anno	Valore basso	Valore centrale	Valore alto
2010	7	25	45
2020	17	40	70
2030	22	55	100
2040	22	70	135
2050	20	85	180

Source: CE Delft, 2008

²⁰⁸ CE Delft, *Handbook on estimation of external costs in the transport sector*, Delft, 2008.

4.3.2 Rimedi: alternative di politica economica

L'incorporazione dei costi esterni nel prezzo dei beni costituisce uno degli oggetti della politica ambientale. In generale, con il termine "internalizzazione" s'intende l'inclusione della esternalità all'interno del sistema economico, attraverso forme di regolazione o di negoziazione privata tra danneggianti e danneggiati.

La prima forma può essere realizzata essenzialmente in due modi: attraverso una strategia di comando e controllo, ossia ricorrendo a standard ambientali che vietano il superamento di una determinata soglia, pena il pagamento di una multa; oppure, attraverso gli strumenti economici non punitivi quali ad esempio tasse specifiche. Tali strategie tendono ad applicare il principio "chi inquina, paga" (PPP, *Polluter Pays Principle*).

La definizione degli standard richiede anche la presenza di una qualche agenzia di monitoraggio che controlli l'attività dell'inquinatore e che abbia il potere di imporre in modo certo e rapido una multa in caso di infrazione; le difficoltà reali di realizzare tali condizioni (certezza e rapidità della multa) spiegano la diffidenza con la quale gli economisti considerano gli standard.

Il sistema di tassazione delle attività che generano esternalità negative è stato analizzato per primo da Pigou²⁰⁹. In base a tale approccio il livello efficiente di tassazione è quello che genera la compensazione del costo sociale tramite un aumento dei costi marginali (e medi) delle imprese con conseguente avvicinamento all'equilibrio.

L'approccio basato sulla tassazione presenta alcuni limiti: la difficile "monetizzazione" del livello del danno oppure il fatto che il danno, anche se correttamente quantificato, potrebbe non essere rimosibile, anche se eventualmente, compensabile monetariamente.

Per ovviare a tali limiti si può ricorrere a incentivi finanziari preventivi, ad esempio sussidio pubblico all'introduzione di forme di risparmio energetico; contributi per l'installazione di filtri agli scarichi ecc.

La seconda forma di internalizzazione, quella legata alla negoziazione privata senza l'intervento di un regolatore esterno, è stata studiata da Coase²¹⁰, il quale teorizza che "se i soggetti interessati ad un problema di esternalità sono pochi, se i costi di transazione di un negoziato sono ridotti e se i diritti di proprietà dell'uso della risorsa sono chiari e ben definiti, il risultato del negoziato porterà ad una allocazione ottima senza intervento di terzi e indipendentemente dal diritto di proprietà sulla risorsa". La realtà delle dinamiche economiche (presenza di costi di transazione, elevato numero delle controparti, non perfetta definizione dei

²⁰⁹ Pigou A. C., *Welfare economics*, 1910.

²¹⁰ Coase R., "The Problem of Social Cost", in *Journal of Law and Economics*, 1960.

diritti dei diversi soggetti) limita la piena applicabilità del teorema di Coase nella definizione delle politiche ambientali.

In conclusione accenniamo allo strumento dei “permessi negoziabili” che sono, tra l’altro, lo strumento principale individuato dal protocollo di Kyoto per la cooperazione internazionale, volti a limitare le emissioni di gas serra in atmosfera.

L’idea di permessi di inquinamento, introdotta da J. H. Dales²¹¹, si basa sulla fissazione di uno standard autorizzato del livello di emissioni di sostanze inquinanti e nell’emissione di permessi-certificati di inquinamento negoziabili, nel senso che possono essere acquistati e venduti sul mercato dei permessi²¹².

La letteratura economica ha evidenziato come, almeno a livello teorico, il sistema dei permessi negoziabili sia da preferire rispetto alla mera fissazione di uno standard o alla sola introduzione di un’imposta perché è l’unico che crea, di fatto, un mercato per le esternalità garantendo quindi meccanismi di ottimizzazione di costi e di utilizzo delle risorse.

²¹¹ Dales J. H., *Pollution, Property and Prices*, 1968.

²¹² Pearce D. W., Turner R. K., *Economics of natural resources and the environment*, Hemel Hempstead, Harvester Wheatsheaf, 1989.

5 LA CONTABILITÀ AMBIENTALE DELLA STATISTICA UFFICIALE IN ITALIA

Nota dell'Autore

Il presente capitolo ripropone, con qualche aggiustamento, testi comparsi nei seguenti volumi e articoli:

- *Costantino C., Falcitelli F. (a cura di) "Contabilità ambientale e "risposte" del sistema socioeconomico: dagli schemi alle realizzazioni", Annali di Statistica, Anno 138, serie XI, vol.1, ISTAT, Roma, 2006;*
- *Costantino C., Tudini A., Femia, A. (a cura di) "Contabilità ambientale e pressioni sull'ambiente naturale: dagli schemi alle realizzazioni", Annali di Statistica, Anno 138, serie XI, vol.2, ISTAT, Roma, 2009;*
- *Falcitelli F., Falocco S. (a cura di) "Contabilità ambientale", Il Mulino, Bologna, 2008*
- *Ferlaino F. (a cura di) "Strumenti per la valutazione ambientale della città e del territorio", Franco Angeli, 2010.*

La selezione e l'adattamento dei testi sono stati curati da Aldo Femia, che ringrazia gli autori dei testi originali e al quale soltanto sono da ascrivere eventuali omissioni o imprecisioni del presente capitolo.

5.1 Introduzione

In concomitanza con l'affermarsi dell'impegno degli istituti nazionali di statistica e degli organismi internazionali nel campo della contabilità ambientale, manifestatosi a partire dall'ultimo ventennio del secolo scorso, l'interesse per questa disciplina è cresciuto in Italia fino a catturare l'attenzione degli organi di governo e di un ampio ventaglio di istituzioni pubbliche.

In effetti, i conti ambientali esprimono un importante valore aggiunto rispetto ai dati di base utilizzati nella loro costruzione, presentano significativi vantaggi rispetto ad altri tipi di informazione e costituiscono una componente di specifico rilievo nel panorama della rappresentazione statistica dei fenomeni in gioco, fornendo un supporto conoscitivo particolarmente valido per le scelte e le decisioni dei vari soggetti coinvolti sul sentiero dello sviluppo sostenibile.

Il sistema dei conti satellite dell'ambiente sviluppato in ISTAT è orientato a rispondere alle esigenze conoscitive del Paese, espresse dai cittadini, dalle imprese, dalle pubbliche amministrazioni, nonché ai bisogni informativi degli organismi internazionali e in particolare dell'Unione europea, e viene sviluppato nel rispetto dei requisiti fondamentali propri dell'informazione statistica ufficiale. Alcuni di questi requisiti sono orientati ad assicurare un'elevata qualità dell'informazione sotto il profilo dei contenuti, per cui è necessario, in particolare, garantire non solo la rilevanza dell'informazione, che deve conformarsi alle esigenze conoscitive circa i fenomeni indagati, ma anche la completezza, perché un'informazione parziale può risolversi in un'informazione orientata. L'informazione fornita con i conti ambientali, inoltre, per poter essere utilizzata proficuamente deve essere raccordabile con altre statistiche – attraverso l'adozione di un quadro comune di

definizioni, classificazioni e schemi teorici di riferimento – e sufficientemente flessibile da poter essere utilizzata in differenti contesti problematici e di analisi.

Vi è poi, così come per la generalità delle statistiche ufficiali, un requisito cruciale da garantire, finalizzato ad agevolare in concreto l'uso e la corretta comprensione dell'informazione: la trasparenza, assicurata attraverso la documentazione relativa al processo di produzione e in generale la "meta-informazione".

L'individuazione delle tematiche di interesse della contabilità ambientale della statistica ufficiale è ampiamente condivisa a livello internazionale e trova riscontro, in particolare, nei programmi dell'Eurostat. Una visione sintetica di tali tematiche e dei relativi strumenti statistico-contabili è offerta dalla Figura seguente, adattata dal SEEA2003²¹³. Tale figura fornisce un quadro di riferimento in cui si inseriscono i lavori dell'ISTAT oggetto dei paragrafi che seguono.

Come si vede dallo schema riportato nella figura 5.1, ciascuna tematica può essere affrontata mediante diversi strumenti statistico-contabili, pervenendo a differenti forme di rappresentazione statistica dell'informazione; diversi possono essere gli strumenti privilegiati nelle varie sedi.

La tematica 1 include le transazioni economiche connesse all'esigenza di salvaguardare l'ambiente naturale; la 2 riguarda le interazioni tra economia e ambiente in termini di flussi fisici considerate sotto il profilo quantitativo, le tematiche 3 e 4 riguardano aspetti dell'interazione in termini fisici tra il sistema antropico e l'ambiente naturale diversi da quelli trattati nell'ambito della seconda tematica e in particolare, le conseguenze dei fenomeni di flusso – sia a danno sia a favore dell'ambiente naturale – rispettivamente sulla disponibilità quantitativa e su quella qualitativa delle risorse naturali; la tematica 5 considera l'ambiente non limitatamente alle relazioni con il sistema economico, ma secondo un'ottica più esaustiva che fa riferimento anche ad aspetti ecologici, territoriali e qualitativi, La tematica 6, infine, riguarda la valutazione monetaria del danno all'ambiente naturale conseguente all'uso dell'ambiente stesso.

Nel presente capitolo saranno trattate solo le prime due tematiche, e limitatamente a più importanti moduli di contabilità ambientale ad esse riconducibili. In particolare, alla prima tematica possono essere ricondotti i conti monetari del Sistema europeo di raccolta dell'informazione economica sull'ambiente (*Système européen de rassemblement de l'information économique sur l'environnement - SERIEE*), trattati nel paragrafo 2. Nella seconda tematica trovano riscontro i conti dei flussi di materia a livello di intero sistema economico – (*Economy-wide material flow accounting - EW-MFA*) e le matrici di conti economici nazionali

²¹³ Il SEEA 2003, prodotto da Nazioni Unite, Commissione Europea, Fondo Monetario Internazionale, OCSE e Banca Mondiale, costituisce il principale punto di riferimento a livello internazionale per l'analisi della interazione tra economia e ambiente secondo lo schema dei conti satellite (cfr. <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp>). Il manuale, in corso di revisione, avrà rango di standard internazionale entro il 2012.

integrate con conti ambientali (*National Accounts Matrix including Environmental Accounts - NAMEA*), trattati rispettivamente nei paragrafi 3 e 4.

Questi conti sono realizzati su base corrente dall'Istituto Nazionale di Statistica Italiano. Le risultanze delle relative elaborazioni sono pubblicate regolarmente sul sito internet dell'ISTAT, al quale si rimanda per dati, note metodologiche, bibliografie e analisi aggiornate.

Figura 5.1: La contabilità ambientale della statistica ufficiale

Tematiche di interesse	Principali strumenti statistico-contabili
1. Transazioni economiche connesse all'ambiente (disaggregazione e riorganizzazione dei conti economici nazionali)	1.1. Indicatori di risposta del sistema economico ai problemi ambientali 1.2. Conti satellite delle informazioni economiche sull'ambiente ottenuti per disaggregazione delle tavole dei conti economici 1.3. Conti satellite basati su schemi ad hoc (SERIEE)
2. Interazioni tra economia e ambiente in termini di flussi fisici – aspetti quantitativi	2.1. Indicatori settoriali di pressione ambientale 2.2. Bilanci di materia e/o di energia 2.3. Tavole input/output in termini fisici 2.4. Matrici di conti economici nazionali integrati con conti ambientali (NAMEA)
3. Stock di risorse naturali presenti nell'ambiente – aspetti fisici quantitativi	3.1. Bilanci fisici delle risorse naturali
4. Flussi e stock di risorse naturali – aspetti fisici qualitativi	4.1. Indicatori di stato o di cambiamento di stato dell'ambiente a seguito delle pressioni e delle risposte del sistema socio-economico
5. Interazione fra economia e ambiente intermini fisici, inclusi aspetti ecologici e socio-culturali	5.1. Indicatori di stato o di cambiamento di stato dell'ambiente a seguito delle pressioni e delle risposte del sistema socio-economico 5.2. Bilanci fisici delle risorse naturali, con disaggregazione territoriale 5.3. Descrizione di ecosistemi attraverso conti di ecozone, identificate rispetto a classi di qualità
6. Danno all'ambiente conseguente all'uso quantitativo e qualitativo dell'ambiente naturale – valutazione monetaria	6.1. Valutazioni di mercato per le attività non finanziarie 6.2. Stime dei costi di mantenimento della disponibilità e delle condizioni attuali delle risorse naturali 6.3. Stime basate sul metodo della valutazione contingente 6.4. Modelli e indicatori basati sull'integrazione delle transazioni monetarie, dei flussi fisici e dei bilanci delle risorse naturali

5.2 I conti monetari del SERIEE

Il sistema europeo dei conti satellite delle spese ambientali Seriee (*Système Européen de Rassemblement de l'Information Economique sur l'Environnement*) rappresenta il primo strumento contabile sviluppato in sede Eurostat in risposta all'esigenza, manifestata dall'Unione europea nei propri documenti politici e programmatici, di strumenti informativi di ausilio nel perseguimento dell'obiettivo di uno sviluppo sostenibile e utili per monitorare i passi compiuti in questa direzione. Con riferimento alla terminologia del modello Dpsir, il Seriee fornisce informazioni sulle "risposte" del sistema economico ai problemi ambientali connessi al degrado qualitativo dell'ambiente e al depauperamento quantitativo delle risorse naturali.

I conti monetari del Seriee sono concepiti per registrare le spese che sotto il profilo della finalità sono connesse a interventi di "salvaguardia dell'ambiente", dove il termine salvaguardia è qui convenzionalmente utilizzato come comprensivo sia degli interventi finalizzati alla tutela della qualità dell'ambiente sia degli interventi finalizzati alla tutela della disponibilità quantitativa delle risorse naturali, oggetto, nel Seriee, di due distinti conti satellite:

- il conto satellite delle spese per la protezione dell'ambiente (Epea – *Environmental Protection Expenditure Account*), dedicato alle spese per le attività e le azioni il cui scopo principale è la prevenzione, la riduzione e l'eliminazione dell'inquinamento (emissioni atmosferiche, scarichi idrici, rifiuti, inquinamento del suolo ecc.), così come di ogni altra forma di degrado ambientale (perdita di biodiversità, erosione del suolo, salinizzazione ecc.);
- il conto satellite delle spese per l'uso e la gestione delle risorse naturali (Rumea – *Resource Use and Management Expenditure Account*), dedicato alle spese per le attività e le azioni finalizzate all'uso e alla gestione delle risorse naturali (acque interne, risorse energetiche, risorse forestali, fauna e flora selvatiche ecc.) e alla loro tutela da fenomeni di depauperamento ed esaurimento.

Rientrano nel campo del Seriee, purché realizzate a fini di protezione dell'ambiente o di uso e gestione delle risorse naturali, anche attività di tipo strumentale quali le attività di monitoraggio e controllo, di ricerca e sviluppo sperimentale, di amministrazione e regolamentazione, di formazione, informazione e comunicazione. Sono invece escluse le attività e le azioni che, pur esercitando un impatto favorevole sull'ambiente, perseguono altri obiettivi primari, quali ad esempio l'igiene e la salute.

Il conto Epea costituisce ad oggi, a livello nazionale e internazionale, il conto più sviluppato dal punto di vista metodologico e applicativo. Per tali motivi nei paragrafi successivi si fa spesso riferimento a concetti, definizioni e regole contabili relative al conto Epea e quindi al campo della protezione dell'ambiente. Va comunque tenuto presente che nel caso del conto Rumea si possono applicare *mutadis mutandis* gli elementi elaborati per l'Epea.

Le transazioni registrate nei conti satellite del Seriee si caratterizzano essenzialmente sotto due profili:

- il profilo funzionale: la finalità ambientale per cui le transazioni vengono effettuate;
- il profilo economico: la natura economica delle transazioni e il ruolo degli operatori che le effettuano.

5.2.1 Le classificazioni della spesa

Le spese per la *protezione dell'ambiente* oggetto del conto Epea sono codificate secondo la classificazione internazionale Cepa2000 (*Classification of Environmental Protection Activities and expenditure*). Tale classificazione è ottenuta dalla combinazione del tipo di attività svolta (prevenzione dell'inquinamento e del degrado, riduzione dell'inquinamento e del degrado, monitoraggio e controllo, R&S, istruzione, formazione e informazione, programmazione, regolamentazione e amministrazione) con il tipo di inquinamento o di danno ambientale e/o il "medium ambientale" per cui viene svolta (inquinamento atmosferico, inquinamento delle acque superficiali, rifiuti, degrado fisico del suolo, inquinamento del suolo e delle acque del sottosuolo, rumore e vibrazioni, degrado delle biodiversità e del paesaggio, radiazioni).

La classificazione utilizzata per l'*uso e la gestione delle risorse naturali* oggetto del conto Rumea, denominata Cruma (*Classification of Resource Use and Management Activities and expenditure*), è stata sviluppata in stretta coerenza e analogia con la Cepa2000: è infatti ottenuta dalla combinazione del tipo di attività svolta (riduzione del prelievo diretto, uso di risorse/fonti alternative, riduzione delle perdite e degli sprechi, riduzione dei consumi, recupero e riciclaggio, incremento e gestione degli stock, monitoraggio e controllo, R&S, istruzione, formazione e informazione, programmazione, regolamentazione e amministrazione) e del tipo di risorsa naturale (acque interne, foreste, flora e fauna selvatiche, materie prime energetiche non rinnovabili, materie prime non energetiche).

I conti del Seriee registrano tutte le transazioni economiche effettuate dai diversi operatori economici nazionali che consentono di descrivere la domanda e l'offerta di servizi di protezione dell'ambiente e di uso e gestione delle risorse naturali, nonché a stabilire su chi gravi, e in che misura, il relativo carico finanziario. La determinazione di tali aggregati si basa sugli stessi concetti, principi, regole, classificazioni e criteri di valutazione del sistema di contabilità nazionale. Ciò garantisce da un lato la confrontabilità degli aggregati economici del Seriee con gli aggregati di contabilità nazionale di cui sono parte, dall'altro la registrazione completa e coerente, e senza duplicazioni, delle spese ambientali effettuate da tutti i settori istituzionali dell'economia. Rispetto al sistema di contabilità nazionale, in coerenza con gli indirizzi in materia di contabilità satellite forniti dal Sna93, nell'ambito del Seriee vengono ulteriormente dettagliati alcuni aspetti concernenti la natura economica delle transazioni e il ruolo degli operatori che le effettuano.

In base alla natura economica vengono distinte nei conti del Seriee le seguenti tipologie di transazioni:

- i costi, correnti e di investimento, sostenuti per lo svolgimento delle attività economiche caratteristiche del campo della protezione dell'ambiente (es. depurazione delle acque reflue, smaltimento dei rifiuti ecc.) e/o dell'uso e gestione delle risorse naturali (es. riduzione del consumo di acqua; risparmio energetico; ecc.);
- spese, correnti e in conto capitale, per l'utilizzo di beni e servizi il cui impiego contribuisce alla salvaguardia dell'ambiente;
- trasferimenti unilaterali, volontari o coatti, correnti e in conto capitale, attraverso cui vengono redistribuite tra i diversi soggetti dell'economia risorse finanziarie da utilizzare per sostenere spese destinate alla salvaguardia dell'ambiente.

L'elenco delle tipologie di transazioni evidenzia come vi siano delle spese effettuate dagli operatori economici che non sono contabilizzate nei conti del Seriee; si tratta in particolare delle transazioni legate al circuito finanziario come ad esempio prestiti, mutui, partecipazioni azionarie ecc.

5.2.2 Attori e ruoli

Le transazioni economiche vengono registrate nei conti del Seriee considerando sia il settore istituzionale che le effettua sia il ruolo da esso rivestito nel campo della salvaguardia ambientale.

I settori istituzionali considerati nell'ambito del Seriee sono gli stessi della contabilità nazionale: Imprese; Famiglie; Pubblica Amministrazione (Pa); Istituzioni Senza Scopo di Lucro al servizio delle famiglie (Issl). I ruoli che possono rivestire gli operatori economici appartenenti a questi settori istituzionali sono:

- utilizzatori di beni e servizi ambientali (prodotti specifici);
- beneficiari di trasferimenti connessi all'ambiente (o specifici);
- produttori di servizi ambientali (produttori caratteristici);
- finanziatori di spese ambientali di altri operatori.

Le tavole contabili

I flussi monetari vengono registrati nei conti del Seriee in cinque diverse tavole contabili, ciascuna delle quali è incentrata su particolari tipologie di transazioni e finalizzata alla quantificazione di specifici aggregati di seguito elencati²¹⁴:

- la produzione di servizi ambientali (Tavola B);
- il conto delle risorse e degli impieghi dei servizi ambientali (Tavola B1);
- la spesa nazionale ambientale (Tavola A);

²¹⁴ Le tavole vengono elencate secondo l'ordine di compilazione.

- il finanziamento della spesa nazionale ambientale (Tavola C);
- il carico finanziario ambientale (Tavola C1).

Le tavole contabili sono organizzate, da un lato, secondo i diversi tipi di flussi monetari che registrano (identificati per lo più nelle righe delle tavole), dall'altro, secondo i diversi operatori economici che effettuano le transazioni, precisando il ruolo che essi rivestono nel campo della salvaguardia dell'ambiente (tale informazione è per lo più visibile nelle colonne delle tavole).

Il conto Epea e il conto Rumea comportano la compilazione delle 5 tavole contabili per ogni classe delle rispettive classificazioni.

5.3 La contabilità dei flussi di materia a livello di intera economia

La contabilità dei flussi di materia a livello di intera economia (Cfm-ie) appartiene ad una vasta famiglia di strumenti di descrizione dei flussi di materiali a scale territoriali e livelli di aggregazione molto vari. L'oggetto (i materiali) dei diversi strumenti della Cfm, in effetti, va dalle singole sostanze chimiche ai materiali compositi al complesso di tutti i materiali esistenti, mentre il dominio di analisi (le attività) va dalle catene produttive di singoli prodotti ai vari settori di attività economica all'intera economia. Gli strumenti di questo eterogeneo insieme hanno in comune il riferimento al concetto di "ciclo di vita" e al principio di conservazione della materia. Da quest'ultimo discende l'identità contabile fondamentale di tutti i tipi di Cfm, valida per ogni sistema fisico:

$$\text{Input} = \text{Output} + \text{accrescimento netto degli stock}$$

La Cfm-ie appartiene ad un tipo di conti satellite detti *esterni* o *integrati*, in quanto comporta la registrazione di nuove informazioni rispetto a quelle presenti nei conti economici nazionali e quindi l'estensione del dominio di analisi di questi ultimi. L'aspetto della integrazione deriva esclusivamente dal loro fare riferimento a definizioni e classificazioni proprie della contabilità nazionale ed è la base per la comparazione tra aggregati economici e aggregati fisici.

La Cfm-ie si ispira ad un approccio olistico alla descrizione dell'interazione tra uomo e ambiente. Essa realizza infatti una misurazione complessiva degli scambi materiali tra un dato sistema economico nazionale e il suo esterno (ambiente naturale e altri sistemi socio-economici), nonché dell'accumulo di materia al suo interno. Tale misurazione è caratterizzata da un alto livello di aggregazione ed è effettuata in termini fisici. La dimensione comune che permette di contabilizzare sulla base di una stessa unità di misura flussi qualitativamente anche molto diversi tra loro è la massa, rappresentata dal peso.

Il modello teorico di riferimento della Cfm-ie utilizza il concetto di *metabolismo del sistema economico*. Questo sistema costituisce infatti un organismo, dotato di una sua struttura fisica (gli *stock*: corpi, edifici, macchinari, beni durevoli, infrastrutture) e capace di attivare i flussi fisici necessari allo svolgimento delle

sue attività. Il metabolismo del sistema è alimentato dai flussi di materiali in entrata (*input*: biomasse, combustibili, minerali), che vengono “digeriti” dall’organismo (selezionati, triturati, raffinati, bruciati, fusi, mescolati, conformati, assemblati, distribuiti, consumati, ...). Dopo la trasformazione i materiali sono espulsi, ovvero restituiti all’ambiente in forma degradata (*output*: emissioni, reflui, rifiuti scaricati nell’ambiente naturale), oppure accumulati nell’organismo (crescita della struttura fisica del sistema).

Va precisato – a scanso di un frequente equivoco – che le analisi basate sulla Cfm-Ie sono da considerare come complementari, e non come sostitutive, a quelle basate su strumenti informativi maggiormente specializzati, relativi a specifici flussi materiali, pressioni, settori economici o tematiche ambientali. In particolare, l’utilizzo che si può fare della Cfm-Ie, a fini prescrittivi e di monitoraggio delle politiche, è di orientamento generale. Dato l’alto livello di aggregazione, le informazioni fornite dalla Cfm-Ie non sono relative a specifiche pressioni sull’ambiente, ma al *potenziale* che l’insieme delle attività del sistema in questione ha di causare fenomeni di degrado dell’ambiente naturale. Le applicazioni della Cfm-Ie richiedono peraltro la raccolta di basi di dati molto più dettagliate di quanto lascino intravedere i risultati che vengono usualmente pubblicati. Tali database sono un utile punto di partenza per molte applicazioni di maggior dettaglio. Ad essi è richiesto inoltre di soddisfare il requisito della completezza (in mancanza di questa non sarebbe possibile il rispetto dell’identità contabile fondamentale) che implica la necessità, per il compilatore, di stimare tutte le grandezze di una qualche rilevanza per le quali non risultino già disponibili dati, aggiungendo così al quadro conoscitivo generale tasselli che sarebbero altrimenti trascurati. Specularmente, l’inderogabilità dell’identità contabile fondamentale implica la possibilità, ove le diverse grandezze non la soddisfino, di riconsiderare i dati di partenza al fine di identificarne le lacune e gli errori²¹⁵. Uno specifico valore aggiunto della Cfm-Ie è insito dunque nell’opera di sistematizzazione e riporto a coerenza indotta dall’inserimento in un unico quadro contabile di informazioni statistiche derivanti da numerose fonti differenti.

5.3.1 Dominio di analisi

Nella Cfm-Ie il sistema antropico di interesse è definito in maniera da ottenere aggregati sostanzialmente confrontabili con gli aggregati macroeconomici. Il bilancio dei flussi di materia di un paese o di un territorio viene effettuato mediante uno schema contabile vero e proprio. I vari aggregati sono legati fra loro da relazioni contabili. Anche i principali indicatori derivati dal sistema, riguardanti diverse accezioni dei flussi di materia del sistema antropico, sono tra loro collegati da relazioni contabili, dal momento che un indicatore è calcolabile a

²¹⁵ A tal fine, è necessario che le grandezze inserite nel bilancio dei flussi di materia siano stimate indipendentemente ed in particolare che nessuna sia derivata come saldo degli input e degli output, nel qual caso l’identità contabile sarebbe tautologicamente verificata.

partire da un altro indicatore aggiungendo e/o detraendo determinate tipologie di flussi di materia, corrispondenti in molti casi a flussi economici misurati nei conti nazionali. Gli indicatori derivati dalla Cfm-Ie sono quindi utilizzabili, accanto ad altri, per il controllo empirico delle ipotesi di *decoupling* tra crescita economica e pressioni ambientali (disaccoppiamento; anche detto *delinking*, sganciamento)²¹⁶.

Nei conti della Cfm-Ie sono compresi tutti e soli i flussi di scambio del sistema economico nazionale con il suo esterno (*input* e *output*), mentre non sono considerati i suoi flussi interni, ovvero gli scambi tra le sue parti (es. tra settori di attività economica). Sono altresì escluse le quantità di aria e di acqua che non vengono fisicamente incorporate in elementi del sistema economico ma lo attraversano senza legarsi ad altri materiali o sono un mero supporto per lo svolgimento di attività umane (es. l'acqua usata per irrigare ma non assorbita dalle piante, quella che attraversa le dighe, l'aria e l'acqua spostate dai mezzi di trasporto e quelle raffreddate o riscaldate da macchinari ecc.). Ciò sia per motivi di fattibilità pratica che di significatività. Sono invece incluse l'aria e l'acqua incorporate in entità appartenenti al sistema economico (es. l'aria che si lega al carbonio nella combustione e nella respirazione, l'acqua che rimane nel cemento, quella assorbita da uomini e animali allevati), per motivi di coerenza dei conti e per garantire il rispetto dell'identità contabile fondamentale.

Fanno inoltre eccezione, per quanto riguarda i flussi interni al sistema, i materiali che durante il periodo contabile vengono incorporati in *stock* del sistema in esame (edifici, infrastrutture, macchinari, scorte, corpi umani e degli animali domestici, rifiuti depositi in discariche controllate).

Nell'insieme dei flussi materiali che ricadono nel dominio di analisi della Cfm-Ie vanno distinti da una parte i flussi che interessano il territorio, l'atmosfera e le acque nazionali (prelievo e restituzione diretti dall'ambiente e accumulo di stock) e, dall'altra, i flussi che interessano il resto del mondo (importazioni ed esportazioni dirette e flussi indiretti ad esse associati).

La Cfm-Ie poggia su una distinzione molto netta, e perciò in certa misura arbitraria, tra sistema antropico nazionale e ambiente naturale. Individuare con precisione i flussi di interesse equivale a *stabilire un confine* tra il sistema antropico e il sistema naturale. Per lo più tale confine è di semplice definizione, essendo sufficiente applicare i seguenti criteri:

1. *input* del sistema antropico: generano *input* l'estrazione e la movimentazione deliberata (ovvero operata con l'utilizzo di lavoro) di materia vergine, non

²¹⁶ Il disaccoppiamento o *decoupling* si verifica quando in un dato periodo il tasso di crescita della pressione ambientale (ad es. l'emissione di un inquinante) è inferiore a quello del flusso economico (ad esempio la produzione) che causa la pressione stessa. Il *decoupling* viene definito *assoluto* quando il flusso economico ha un tasso di crescita positivo e contemporaneamente la pressione ambientale è stabile o in diminuzione, *relativo* quando si registra un aumento dell'indicatore di pressione ambientale ma in misura inferiore alla crescita dell'aggregato economico.

- prima movimentata dall'uomo;
2. *output* del sistema antropico: la materia sul cui destino (locazione e composizione) la società perde (o rinuncia) al controllo.

In taluni casi può essere però difficile stabilire l'esistenza o meno di un atto deliberato, o se la materia movimentata possa dirsi non già utilizzata (caso nel quale il flusso sarebbe interno al sistema antropico e quindi da non contabilizzare), oppure se effettivamente sussista o meno un controllo umano sulla materia. Ad esempio, ci si può chiedere a quale sistema appartengano una spiga di grano o una discarica. Dalle risposte che si danno a tali domande, dipenderà il contabilizzare o meno il prelievo della spiga tra gli *input* del sistema antropico, o il conferimento di rifiuti in discarica tra gli *output*. Qualora si volesse considerare la spiga quale parte del sistema antropico (in quanto frutto di attività), andrebbero contabilizzati quali input i nutrienti che dal suolo e dall'atmosfera passano in essa, ma non essa stessa. In tali casi è necessario fare ricorso a convenzioni, onde garantire la comparabilità dei dati derivanti dalle diverse applicazioni. La spiga in base alle convenzioni correnti appartiene al sistema naturale finché non viene colta, momento nel quale attraversa il confine. Per i rifiuti, invece, secondo la manualistica internazionale, occorre operare la seguente distinzione: nel caso di stoccaggio o conferimento in discarica controllata si hanno flussi interni al sistema antropico, che accrescono un suo *stock* (coerentemente, vanno contabilizzate tra i flussi verso la natura le esalazioni e le eventuali perdite di percolato delle discariche controllate); nel caso di scarico di rifiuti in discariche non controllate, invece, si hanno flussi di *output* verso il sistema naturale²¹⁷.

Un importante e peculiare contributo della Cfm-Ie consiste nella considerazione di due tipi di flussi normalmente trascurati dalla statistica (per questo spesso chiamati "flussi nascosti"):

- i flussi di materiali "non utilizzati", ossia di quei materiali che vengono rimossi dal loro sito o deviati dal loro corso naturale al solo scopo di accedere ai materiali utili (es. la terra che impedisce l'accesso ad un giacimento minerario), o di rendere possibile lo svolgimento di un'attività (es. lo scavo di una trincea per la costruzione di una ferrovia), o che costituiscono sottoprodotti non utilizzati di attività produttive (es. scarti e cascami di piante non raccolti). Il fatto che tali materiali siano privi di valore economico, all'origine della loro mancata misurazione al di fuori della Cfm-Ie, non implica che i loro flussi non siano rilevanti ai fini delle pressioni sull'ambiente;
- i flussi *indiretti*, ossia i flussi di materiali che stanno "a monte" dei prodotti

²¹⁷ Va evidenziato che, allo stato attuale, i dati necessari a tale distinzione non sono in genere disponibili, per cui la prassi più diffusa è in pratica quella di considerare tutti i rifiuti non riciclati come output verso la natura, in omaggio al senso comune e alla difficoltà di considerare tali flussi quali incrementi di stock al pari degli investimenti in edifici e infrastrutture, a causa dell'opposta valenza in termini economici e di utilità.

commerciati internazionalmente: le quantità di materia movimentate nel resto del mondo per mettere a disposizione di ciascun paese i beni che esso importa (nelle prime formulazioni “*ecological rucksack*”, traducibile con “fardello ecologico”). La necessità di includere i flussi indiretti deriva dalla incommensurabilità tra i materiali estratti nel paese in esame (e quindi direttamente dalla natura) e i materiali importati o esportati. Questi ultimi sono prodotti che incorporano una quantità di materia inferiore a quella necessaria per renderli disponibili al paese importatore. Per la parte che non si trova fisicamente inclusa nei prodotti importati o esportati, infatti, la materia prelevata dall’ambiente per produrli e trasportarli è stata restituita alla natura nei luoghi in cui si sono svolti i necessari processi di trasformazione. È importante notare che ogni *input* indiretto costituisce allo stesso tempo un *output* indiretto. L’importanza di tali flussi cresce parallelamente al grado di globalizzazione dell’economia e di delocalizzazione della produzione industriale.

L’inclusione di tali flussi permette di disporre di aggregati rappresentativi dell’influenza dei diversi modelli di consumo e investimento nazionali sull’uso delle risorse e sulle pressioni potenziali a livello globale.

5.3.2 Contenuti e criteri di implementazione

Lo schema contabile di riferimento della Cfm-Ie è costituito da una serie di conti tra loro collegati (in alcuni casi “in cascata”: i risultati di un conto entrano nel successivo), relativi di volta in volta a:

- la materia utilizzata prelevata direttamente dall’ambiente naturale;
- i flussi di scambio diretto con l’estero;
- la materia ceduta dalle attività umane alla natura dopo la trasformazione;
- la materia non utilizzata prelevata direttamente dall’ambiente naturale;
- l’accumulo di materia in *stock* di prodotti e rifiuti;
- i flussi indiretti, di materiali utilizzati e non, associati alle importazioni e alle esportazioni.

La sequenza dei conti culmina in un vero e proprio bilancio dei flussi materiali comprensivo di risorse e impieghi (*input* e *output*), nonché nel calcolo di aggregati comprensivi dei flussi di materiali inutilizzati e di quelli indiretti. Una applicazione della Cfm-Ie può consistere nella costruzione dello schema contabile completo, oppure essere limitata alla costruzione di alcuni indicatori rappresentativi. Quest’ultimo è il caso più frequente, per la maggiore disponibilità di dati e semplicità di calcolo. In particolare, è molto diffusa, specie in Europa, la costruzione degli indicatori relativi ai soli prelievi dal territorio nazionale di materia utilizzata, agli scambi con l’estero e ai flussi indiretti a questi associati. Va sottolineato come tali indicatori siano in una certa misura rappresentativi, in virtù della legge di conservazione della materia, anche dei flussi di *output* verso la natura e verso gli *stock*, non esplicitamente contabilizzati in tali applicazioni.

Nonostante il carattere altamente aggregato della Cfm-Ie in essa vengono effettuate alcune importanti distinzioni tra i diversi flussi:

- flussi di *input*, disaggregati in base ai seguenti criteri:
 - tipo di risorsa prelevata;
 - materiali utilizzati/inutilizzati;
 - materiali provenienti direttamente dalla natura/prodotti importati;
 - flussi (dalla natura o dall'estero) diretti/indiretti;
- aggiunte agli *stock* del sistema economico;
- flussi di *output*:
 - flussi verso altro sistema antropico (estero);
 - flussi verso il sistema naturale, disaggregati per:
 - tipo di materiale;
 - media ambientali recettori (emissioni in atmosfera, in acqua, usi dissipativi sul suolo ecc.).

Per quanto riguarda la distinzione relativa all'utilizzo/non utilizzo della materia, va notato che i materiali utilizzati sono quelli che si trovano incorporati in prodotti (nel senso della contabilità nazionale) ad un qualche stadio del processo economico (es. petrolio, minerale di ferro, granaglie, argilla). Gli *input* di materiali utilizzati provenienti direttamente dalla natura, coincidono con i prodotti delle attività primarie nazionali e sono raggruppati per tipo di risorsa in combustibili fossili, minerali e biomasse.

I materiali non utilizzati sono quelli che vengono distolti dal proprio sito o corso naturale senza essere incorporati in prodotti, costituendo rifiuti già immediatamente dopo la loro prima movimentazione. Essi sono distinti per tipo di materiale e/o attività che li genera (biomasse, scarti di estrazione, scavi). Spesso per tali flussi si incontrano i maggiori problemi quanto a esistenza e adeguatezza di dati di base: talvolta occorrono stime e ipotesi ad hoc o talvolta è impossibile quantificarli in base ai dati disponibili.

Il problema non si pone quasi mai invece per i materiali che vengono incorporati in prodotti scambiati sul mercato, in quanto le statistiche relative alle branche produttive primarie (statistiche dell'agricoltura, delle foreste, della pesca, delle miniere e delle industrie estrattive dei minerali energetici) forniscono dati molto dettagliati e precisi sulle quantità di materie prime prodotte. Tali dati, ai fini della Cfm-Ie, possono in genere essere presi tal quali, essendo espressi in unità di peso; talvolta vanno effettuate conversioni da unità di volume in unità di peso (es. legno e metano estratti vanno trasformati da metri cubi in tonnellate).

Per le importazioni e le esportazioni, oltre alle categorie introdotte per le estrazioni interne, è necessario considerare a parte, tra i prodotti che attraversano il confine nazionale, quelli troppo compositi per essere ricondotti ad una delle tre precedenti categorie.

Una distinzione molto importante è quella tra flussi diretti e indiretti. È un *flusso diretto* per un paese sia la materia direttamente prelevata dalla natura (utilizzata

e non utilizzata) sia quella direttamente importata (materie prime o prodotti compositi). Costituisce invece un *flusso indiretto* in *input* tutta la materia, utilizzata e non, che, pur non essendo incorporata nei beni e servizi importati, è stata movimentata all'estero per produrre tali beni e servizi. Ogni importazione diretta sottintende un flusso indiretto di materia (utilizzata e non utilizzata) per il paese importatore.

È importante osservare come provengano direttamente *dall'ambiente naturale* soltanto i materiali di estrazione interna, laddove quelli importati sono stati prelevati dalla natura da parte di sistemi economici diversi, in altri territori. È evidente che i materiali contenuti nei beni importati non possono essere considerati equivalenti dal punto di vista ecologico a quelli direttamente estratti dalla natura. Si tratta infatti di beni finali o *input* intermedi che hanno già subito delle trasformazioni (es. sono stati trasportati fino al confine). In ogni caso il contenuto fisico dei beni e servizi importati non coincide mai con le quantità di materia che è stato necessario movimentare per ottenere quei beni, dal momento che le emissioni e gli scarti generati nei processi produttivi "a monte" dell'importazione non sono fisicamente contenuti nei prodotti importati (es. le emissioni generate dal combustibile bruciato per il loro trasporto). A questa materia emessa nell'ambiente, non importata ma indirettamente necessaria allo svolgimento delle attività nazionali, sono direttamente correlate pressioni ambientali che il paese importatore evita di produrre sul proprio territorio grazie al ricorso all'importazione. La stima dei flussi materiali attivati all'estero dalle importazioni dell'economia nazionale (flussi indiretti) costituisce dunque un elemento importante in una contabilità materiale che voglia essere significativa dal punto di vista dell'ambiente globale. Il grado di trasformazione dei prodotti importati è peraltro estremamente variabile: si va dalla mera estrazione e trasporto di materie prime alla elaborazione in beni pronti per l'utilizzo finale. La stima dei flussi indiretti attivati dalle importazioni viene effettuata sia mediante l'applicazione di coefficienti tecnici, differenziati per tipo di prodotto importato (e possibilmente per provenienza, o meglio per tipo di tecnica produttiva), sia applicando il modello di analisi *input-output* all'economia importatrice (nel qual caso si ha una stima dei flussi evitati dal paese importatore più che di quelli verificatisi per mettere a sua disposizione i beni e servizi importati).

Per quanto riguarda gli *output* del sistema antropico nazionale, la principale distinzione concerne la loro destinazione verso il sistema naturale o verso un altro sistema antropico (esportazioni). Non costituiscono *output* le aggiunte agli *stock*. Tra gli *output* verso la natura si distinguono le emissioni in atmosfera, le emissioni in acqua, i rifiuti deposti in discariche non controllate, la materia utilizzata in maniera dissipativa (letame, sementi, solventi ecc.) e le perdite (dispersioni, incidenti ecc.).

La sequenza dei conti inclusi nella guida metodologica di Eurostat vede l'inclusione nei conti stessi innanzitutto dei flussi diretti di materiali utilizzati, che costituiscono il cuore del sistema, e solo successivamente quella dei flussi di materia non utilizzata e dei flussi indiretti. Il più completo tra i conti è quello che

esprime il bilancio completo dell'economia che permette di confrontare tra loro le diverse voci di *input* e di *output*, nonché di calcolare a saldo un eventuale dato mancante (tale conto è stato compilato per l'Italia solo per l'anno 1997). Nel caso in cui l'informazione disponibile copra tutti i flussi, il bilancio permette il controllo della coerenza dei diversi dati, attraverso il calcolo della discrepanza statistica tra *input* e *output* (cui vanno sommati i flussi ausiliari, come l'ossigeno utilizzato nei processi di combustione).

5.4 La matrice NAMEA dei conti economici nazionali integrata con i conti ambientali

L'acronimo NAMEA sta per *National Accounting Matrix including Environmental Accounts* ossia matrice di conti economici nazionali integrata con conti ambientali. Nel SEEA2003 il termine NAMEA è usato per designare in generale gli schemi matriciali di tipo "ibrido", nei quali ad un modulo economico costituito da conti nazionali in termini monetari (NAM) è accostato un modulo ambientale costituito da conti in unità fisiche (EA), utilizzando in entrambi i principi della contabilità nazionale (il termine "ibrido" si riferisce alla compresenza delle due diverse unità di misura, monetaria e fisica). In tale tipo di schema, il modulo ambientale rappresenta le pressioni sull'ambiente – emissioni e prelievi di risorse - in unità fisiche, mentre il modulo economico rappresenta i dati economici e sociali delle attività economiche e i consumi finali delle famiglie che sono all'origine delle sollecitazioni sull'ambiente naturale in unità monetarie.

5.4.1 La struttura degli schemi contabili

Sia il modulo economico sia il modulo ambientale possono essere strutturati in pratica in diversi modi a seconda degli scopi dell'analisi e della disponibilità dei dati. In generale il modulo economico è strutturato come una tavola *supply and use* o una tavola *input-output* o una NAM. In ciascuno di questi casi, la strutturazione della presentazione dell'informazione è fornita dall'organizzazione dei dati del modulo economico, mutuata dagli schemi di contabilità nazionale, che vengono estesi alla dimensione ambientale considerando, in aggiunta alle transazioni economiche in beni e servizi cui è dedicato il modulo economico, i flussi che riguardano elementi diversi dai beni e servizi che riguardano scambi tra l'economia e l'ambiente.

Gli elementi contabilizzati nel modulo ambientale sono costituiti essenzialmente da risorse naturali (minerali, risorse energetiche, acqua e risorse biologiche) e residui di tipo solido, liquido o gassoso. Lo schema ha l'obiettivo di descrivere, in relazione agli scambi tra economia e ambiente e in maniera coerente con il modulo economico, i flussi di origine (*supply*) e di destinazione (*use*), sia per le risorse naturali sia per i residui. Per quanto riguarda le risorse naturali, lo schema descrive l'uso di risorse prelevate dall'ambiente naturale dalle imprese e dalle famiglie. Nel caso dei residui, lo schema descrive sia l'origine dei residui stessi,

distinguendo la produzione, i consumi delle famiglie, gli *stock* fisici e le importazioni, sia la loro destinazione, come *input* per le attività produttive, come elemento di accumulazione (residui conferiti in discarica) o come residui conferiti all'estero. La differenza tra la quantità di residui originati dall'economia e la quantità riassorbita dall'economia stessa dà luogo ai residui destinati all'ambiente naturale, nazionale o del Resto del mondo. Sia nel caso delle attività economiche sia in quello delle famiglie, le pressioni ambientali vengono attribuite ai soggetti che risultano direttamente (ossia a causa dei propri processi produttivi nel caso delle imprese e delle proprie attività di consumo nel caso delle famiglie) responsabili della generazione delle pressioni stesse²¹⁸. Nel caso delle emissioni atmosferiche, essendo trascurabile la quantità che ha come destinazione la sfera economica, la quantità originata coincide con l'ammontare dei gas effettivamente rilasciati nell'ambiente naturale.

Nello schema NAMEA rappresentato nella tabella 5.1, il modulo economico, evidenziato attraverso l'ombreggiatura delle celle, corrisponde ad una tavola *supply and use* che fornisce un quadro dettagliato dell'offerta e dell'utilizzo di beni e servizi e mostra la struttura dei costi intermedi delle attività produttive e il valore aggiunto da esse generato. Gli elementi rappresentati nella prima colonna - produzione di beni e servizi da parte delle varie attività economiche e importazioni di beni e servizi dall'estero - costituiscono le componenti fondamentali dell'offerta di beni e servizi (*supply* - risorse)²¹⁹; la colonna presenta, inoltre, gli aggregati relativi ai margini commerciali e di trasporto e alle imposte indirette (inclusa IVA) al netto dei sussidi, assicurando così l'uguaglianza contabile tra risorse e impieghi²²⁰. Vengono così ricostruite le risorse totali a disposizione dell'economia. Le utilizzazioni possibili delle risorse (*use* - impieghi) vengono descritte nella prima riga dello schema: i beni e servizi disponibili possono essere alternativamente utilizzati per essere ulteriormente impiegati nel processo produttivo (consumi intermedi delle attività economiche) oppure possono uscire dal circuito produttivo ed essere destinati a "impieghi finali", che comprendono: consumi finali (principalmente delle famiglie e della pubblica amministrazione), investimenti, esportazioni. La presenza nello schema della terza riga risponde alla esigenza della NAMEA di enucleare quella parte dei consumi

²¹⁸ In questo approccio, che può essere definito della "responsabilità del produttore", tutte le pressioni ambientali generate ad esempio nella produzione di energia elettrica sono associate alle imprese produttrici e non agli utilizzatori di elettricità.

²¹⁹ Dal lato dell'offerta il valore dei prodotti è calcolato ai prezzi base. Il prezzo base è definito come il prezzo che il produttore può ricevere dall'acquirente per un'unità di bene o di servizio prodotti, dedotte le eventuali imposte da pagare e compreso ogni eventuale contributo da ricevere per quella unità in conseguenza della sua produzione o della sua vendita.

²²⁰ Dal lato della domanda (impieghi) il valore dei prodotti è calcolato ai prezzi di acquisto. Il prezzo di acquisto è definito come il prezzo effettivamente pagato dall'acquirente per i prodotti. Sono incluse eventuali imposte sui prodotti, al netto dei contributi, e spese per margini commerciali e di trasporto. Sono esclusi gli interessi o gli oneri addebitati nell'ambito di convenzioni creditizie ed eventuali sconti o oneri accessori.

Tabella 5.1: Esempio di schema NAMEA con modulo economico di tipo *supply and use*

	Prodotti	Attività economiche	Impieghi finali			Residui
Prodotti		Prodotti utilizzati per il consumo intermedio	Prodotti utilizzati per consumo finale	Prodotti utilizzati per la formazione di capitale fisso	Prodotti esportati	
Attività economiche	Prodotti realizzati dalle attività economiche					<i>Residui generati dalle attività produttive</i>
Consumi			di cui: consumi delle famiglie per finalità			<i>Residui generati dai consumi delle famiglie</i>
Capitale						Residui generati dal capitale
Importazioni	Prodotti importati					Residui importati
Margini	Margini commerciali e di trasporto					
Imposte nette sui prodotti	Imposte meno sussidi sui prodotti					
Valore aggiunto		Valore aggiunto				
Risorse naturali		<i>Prelievo diretto di risorse naturali dall'ambiente da parte delle attività economiche</i>	Prelievo diretto di risorse naturali dall'ambiente da parte delle famiglie		Esportazione di risorse naturali	
Residui		Residui reimpiegati dalle attività economiche		Residui accumulati in discarica	Residui esportati	

Fonte: elaborazione da Seea2003 (§ 4.36)

delle famiglie (compresi tra gli impieghi finali) che ha particolare rilevanza ambientale. In questa riga sono riportate le spese delle famiglie per trasporto e quelle per riscaldamento che presentano una chiara connessione con le emissioni atmosferiche, registrate in unità fisiche nel modulo ambientale. La differenza tra valore della produzione e valore dei consumi intermedi utilizzati nel processo produttivo costituisce per definizione il valore aggiunto del sistema economico.

Le celle in corsivo dello schema individuano i flussi effettivamente contabilizzati nel modulo ambientale della Namea italiana.

Oltre allo schema contabile illustrato e agli altri sopra menzionati, caratterizzati dalla presentazione estensiva sia di conti economici che di quelli ambientali, l'acronimo NAMEA designa anche tavole del tipo schematizzato nella tabella 5.2, che accostano alcuni aggregati economici particolarmente significativi (relativi generalmente a produzione, valore aggiunto, consumi finali delle famiglie per finalità, occupazione) con i dati relativi alle pressioni che le attività produttive e di consumo esercitano sull'ambiente naturale.

Tabella 5.2: Rappresentazione semplificata di una tavola NAMEA

Attività economiche e consumi delle famiglie	Aggregati economici				Pressioni ambientali: inquinamento		Pressioni ambientali: prelievo di risorse naturali		
	Produzione	Valore aggiunto	occupazione	Consumi finali	Emissioni atmosferiche	Emissioni in acqua	Combustibili fossili	Minerali	Biomasse
Agricoltura									
Industria									
Servizi									
Consumi famiglie: <ul style="list-style-type: none"> • trasporti • riscaldamento • altro 									

5.4.2 Gli obiettivi

Lo schema NAMEA realizza l'integrazione dei sistemi di informazione ambientale ed economica prescindendo da ogni ipotesi di correzione degli aggregati macroeconomici e dalla monetizzazione delle implicazioni ambientali dello sviluppo economico²²¹.

I dati di tipo NAMEA offrono possibilità di analisi nuove rispetto alle statistiche di base da cui sono stati ricavati. È immediatamente evidente, ad esempio, che la possibilità di disporre, per un dato paese e un dato inquinante o tema ambientale, di dati relativi alle emissioni atmosferiche separatamente per attività economiche e famiglie, costituisce un valore aggiunto a fronte di statistiche sulle emissioni atmosferiche tipicamente strutturate per processo.

Analogamente è possibile, con semplici elaborazioni, calcolare il contributo di una singola attività economica o di un raggruppamento di attività economiche alle emissioni complessive di uno o più inquinanti.

A livello internazionale è diffuso un tipo di confronto, noto anche come "profilo ambientale", che consiste - con riferimento a un dato settore - nell'accostamento tra il contributo fornito dal settore all'economia nazionale (misurato, ad esempio con riferimento alla produzione, come rapporto tra la produzione del settore e la produzione dell'intera economia italiana) e il contributo fornito dal settore alla pressione sull'ambiente (misurato, per un dato inquinante, come rapporto tra le emissioni generate dal settore e il totale delle emissioni generato dall'insieme di tutte le attività economiche).

Attraverso le serie storiche dei dati NAMEA è possibile inoltre rappresentare -per una data attività o per un dato settore di attività economica- la dinamica delle emissioni nel periodo considerato accostandola a quella di alcune variabili economiche in modo tale da verificare se nel tempo si sia manifestato o meno un "disaccoppiamento" tra le variabili economiche e la pressione sull'ambiente.

La NAMEA adotta l'approccio della "responsabilità del produttore", ossia attribuisce le pressioni ambientali alle attività economiche e/o alle famiglie che sono direttamente (ossia a causa dei propri processi produttivi o delle proprie attività di consumo) responsabili della generazione delle pressioni stesse. A partire dai dati NAMEA, tuttavia, è possibile calcolare, attraverso i dati della tavola

²²¹ L'approccio seguito nello schema NAMEA è perfettamente in linea con gli orientamenti europei in materia di contabilità ambientale quali risultano dalla Comunicazione della Commissione delle Comunità Europee al Consiglio e al Parlamento Europeo del 1994 (cfr. Commissione delle Comunità Europee, 1994). La comunicazione indica nei conti satellite e negli indicatori ed indici ambientali i due principali filoni da sviluppare per conseguire l'obiettivo dell'integrazione dei sistemi di informazione ambientale ed economica, assegna una bassa priorità al calcolo del "PIL verde" e colloca la ricerca sulla monetizzazione delle implicazioni ambientali dello sviluppo economico - all'interno dei conti economici nazionali - in una prospettiva temporale di lungo periodo.

input-output sulla interdipendenza tra le attività economiche, le emissioni direttamente e indirettamente generate per soddisfare la domanda finale di prodotti realizzati da ciascuna attività.

Mentre le emissioni complessive per il totale delle attività economiche nell'ottica della responsabilità del produttore e in quella della allocazione alla domanda finale rimangono le stesse, la ripartizione del totale delle emissioni tra le diverse attività economiche è diversa. Infatti, secondo l'approccio della responsabilità del produttore ciascuna attività è responsabile delle emissioni generate per soddisfare la domanda complessiva dei suoi prodotti indipendentemente dalla utilizzazione (finale o intermedia). Quando invece le emissioni vengono ricondotte alla domanda finale, tutte le attività economiche diventano responsabili della pressione generata direttamente -ossia attraverso il proprio processo produttivo- e indirettamente -attraverso i propri consumi intermedi- per soddisfare la domanda finale del proprio prodotto. Di conseguenza, imprese che hanno un processo produttivo relativamente più inquinante (ad esempio le imprese che producono energia elettrica) vengono "penalizzate" dall'approccio del produttore, in quanto viene loro attribuita tutta la emissione derivante dalla energia elettrica utilizzata dal consumatore finale ma anche quella impiegata come consumo intermedio nei processi produttivi di altre imprese. Al contrario, imprese che hanno un processo produttivo relativamente meno inquinante vengono "penalizzate" dalla attribuzione delle emissioni alla domanda finale, in quanto viene loro assegnata anche la pressione generata dai consumi intermedi, alcuni dei quali -come nel caso appunto della elettricità- risultano associati a pressioni ambientali significative.

A partire da una serie storica di dati NAMEA è possibile scomporre le variazioni delle emissioni nel tempo nei principali fattori che hanno determinato le variazioni stesse. La scelta degli specifici fattori da considerare per l'analisi dipende dall'impostazione dalle ipotesi "a priori" adottate e dai dati a disposizione. Tra i fattori esplicativi che vengono generalmente presi in considerazione vi sono: le variazioni della intensità di emissione (emissioni/produzione), le variazioni nella composizione della produzione totale (struttura della produzione per attività economica) e le variazioni della produzione delle singole attività.

Lo strumento attraverso il quale si realizza questo tipo di analisi è noto come "decomposizione dei fattori", denominazione che viene utilizzata in pratica per un insieme di metodi che differiscono tra loro rispetto ad alcuni dettagli della impostazione.

6 TECNICHE E TECNOLOGIE PER LA SOSTENIBILITÀ DEI SISTEMI PRODUTTIVI INDUSTRIALI

6.1 Le tecnologie ambientali e il concetto di BAT

Il concetto di tecnologia ambientale definito nell'ETAP (*Environmental Technologies Action Plan*) abbraccia un campo estremamente vasto, riguardando "tutte le tecnologie il cui uso è meno nocivo per l'ambiente rispetto alle principali alternative" (COM 2002). Tale definizione comprende:

- tecnologie per la gestione dell'inquinamento, sia di natura preventiva (integrate) volte a prevenire la formazione di sostanze inquinanti (o di rischi ambientali) alla fonte durante il processo produttivo, sia che si pongano alla fine del ciclo produttivo (*end of pipe*) per ridurre e/o trattare le emissioni in aria, acqua e suolo o di natura correttiva (per riparare un danno ambientale);
- tecnologie per la gestione delle risorse, messa a punto di processi di produzione "più puliti" basati sull'uso efficiente di risorse ed energia per ridurre il consumo di materie prime non rinnovabili e nel contempo ridurre la produzione di rifiuti;
- tecnologie per la creazione o la innovazione di prodotti (o linee di prodotto) più puliti che individuino nuove soluzioni a livello di materiali ovvero a livello di caratteristiche di prodotto.

La definizione di tecnologie ambientali riguarda non solo nuove applicazioni, a basso o alto contenuto tecnologico, ma anche il miglioramento del livello tecnologico delle applicazioni tradizionali. Allo stesso modo, la definizione di tecnologie ambientali include anche applicazioni non tecnologiche come competenze, *know-how* ambientale, metodi di lavoro, procedure organizzative e gestionali, reti di ricerca intersettoriali ecc., che, a loro volta, possono incoraggiare lo sviluppo di nuove soluzioni tecniche e tecnologiche.

La diffusione delle tecnologie ambientali per lo sviluppo sostenibile è un obiettivo strategico per la Commissione Europea quale strumento per la riduzione dell'impatto ambientale dei processi produttivi assicurando nel contempo la crescita economica. Sulla base dell'esperienza degli ultimi anni, la Commissione ha tracciato un quadro generale dei settori in cui è possibile prevedere sviluppi importanti e che presentano le maggiori possibilità di applicazione di soluzioni innovative nel campo delle tecnologie ambientali. I settori individuati sono:

- conversione, conservazione e uso dell'energia;
- trasporti;
- uso delle risorse nella produzione industriale;
- gestione dei rifiuti;
- pesca;
- tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

Il concetto di BAT (*Best Available Techniques*) è definito nella Direttiva IPPC (§ 1.3.3) come “la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio, indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire in linea di massima la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso”. A questo riguardo, per:

- "tecniche", si intendono sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- "disponibili", indica che le tecniche devono essere sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli;
- "migliori", indica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso.

Il concetto di BAT include tecniche di gestione, tecniche per la prevenzione dell'inquinamento (*pollution prevention*) e tecniche di controllo tradizionale dell'inquinamento “*end of pipe*”. Poiché l'individuazione delle BAT è una questione complessa, la Commissione Europea è stata incaricata di organizzare uno scambio di informazioni tra esperti provenienti dagli Stati Membri, dall'industria e dalle organizzazioni ambientaliste. Questo lavoro è coordinato dall'IPPC Bureau di Siviglia. Nel quadro dello scambio di informazioni, per ogni settore produttivo è stato preparato un documento di riferimento delle BAT denominato BREF (*Bat REFerence*), con lo scopo di informare le autorità competenti per le autorizzazioni su ciò che può essere tecnicamente ed economicamente disponibile alle imprese al fine di migliorare le loro prestazioni ambientali. L'intero meccanismo di scambio di informazioni è stato lanciato nel 1997. Una volta pubblicato, ogni BREF è sottoposto a revisione periodica per aggiornarlo alla luce degli ultimi sviluppi nello specifico settore. A settembre 2011, sono stati finalizzati e adottati formalmente dalla Commissione Europea 33 BREF. Di questi, 8 sono attualmente in fase di revisione. I BREF disponibili possono essere scaricati dal sito web dell'*European IPPC Bureau* (EIPPCB) (<http://eippcb.jrc.es/>).

L'ETAP è complementare alla Direttiva IPPC. La Direttiva IPPC richiede, infatti, che le attività industriali rispettino elevate prestazioni ambientali e prevede l'applicazione delle “migliori tecniche disponibili” (BAT). Quindi da un lato la Direttiva può dare impulso allo sviluppo delle tecnologie ambientali mentre dall'altro una serie di tecnologie ambientali innovative potranno essere introdotte come BAT idonee al contenimento e alla riduzione degli impatti ambientali generati da settori specifici in un'ottica di controllo e prevenzione.

La promozione della ricerca e sviluppo tecnologico (RST) è un obiettivo prioritario dell'ETAP. L'esperienza dimostra infatti che l'aumento più significativo dei benefici ambientali è causato dai cambiamenti più radicali nelle tecniche e nelle tecnologie. Una migliore sostenibilità dei processi produttivi richiede quindi

dei cambiamenti che sono facilitati dall'eco-innovazione. L'OECD (OECD, 2005) definisce innovazione "la realizzazione di un prodotto (bene o servizio) nuovo o sensibilmente migliorato, o un processo, un nuovo metodo di *marketing* o un nuovo metodo organizzativo nelle pratiche commerciali, nell'organizzazione lavorativa o nelle relazioni esterne". L'eco-innovazione è sostanzialmente simile a tutti gli altri tipi di innovazione, ma con due importanti differenze:

- l'eco-innovazione rappresenta una innovazione che si traduce in una riduzione dell'impatto ambientale, non importa se tale effetto sia voluto o no;
- i campi di applicazione dell'eco-innovazione possono andare oltre i confini convenzionali dell'oggetto da innovare e coinvolgere aspetti più ampi che determinano cambiamenti nelle attuali strutture sociali, culturali e istituzionali.

L'obiettivo primario delle attuali innovazioni ecologiche nei prodotti e nei processi tende a focalizzarsi sugli sviluppi tecnologici. Tuttavia, le innovazioni non tecnologiche (ad esempio cambiamenti organizzativi o istituzionali, innovazione nel *marketing* ecc.) spesso hanno incoraggiato e guidato i necessari cambiamenti tecnologici (modifica delle pratiche, ri-progettazione di pratiche, alternative alle pratiche esistenti, creazione di nuove pratiche). Le iniziative più integrate, come la produzione a ciclo chiuso, potenzialmente potrebbero produrre maggiori benefici ambientali ma richiedono una combinazione di una vasta gamma di obiettivi e meccanismi di innovazione, e una forte integrazione tra cambiamenti tecnologici e non tecnologici.

6.2 Le piattaforme tecnologiche

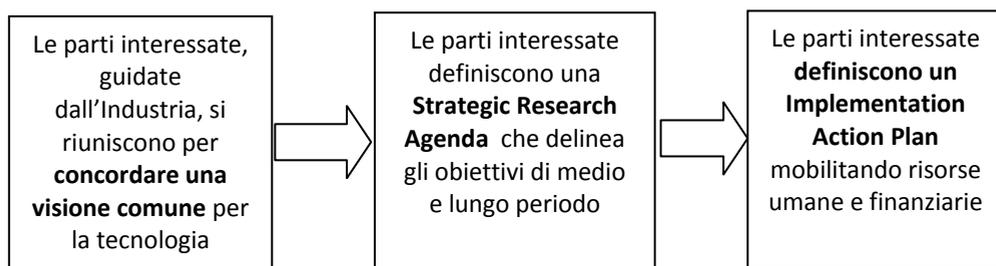
La ricerca e lo sviluppo tecnologico (RST) ha una notevole importanza strategica per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile e per il futuro della crescita europea rafforzando la competitività delle imprese, la crescita economica e l'occupazione. La definizione delle priorità di RST e degli obiettivi a medio-lungo termine costituiscono i pilastri fondamentali per la realizzazione degli obiettivi della Strategia di Lisbona e della sua revisione intermedia che, tra l'altro, chiede di concentrare gli sforzi degli Stati membri per "incoraggiare la conoscenza e l'innovazione, migliorando l'investimento nella ricerca e nello sviluppo, facilitando l'innovazione, l'adozione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) e l'utilizzazione sostenibile delle risorse, nonché contribuendo alla creazione di una sana base industriale europea" (COM, 2005).

Le Piattaforme Tecnologiche Europee (ETP, *European Technology Platform*), promosse dalla Commissione Europea, sono uno strumento molto incisivo per fronteggiare alcune delle principali sfide economiche, tecnologiche e sociali che l'Europa si trova ad affrontare. Le ETP sono iniziative spontanee del sistema industriale europeo con un approccio "*bottom up*" e "*technology driven*". Esse raccolgono i principali *stakeholder* operanti in settori a elevato contenuto di tecnologia, innovazione e ricerca e per i quali la competitività e l'innovazione, e

quindi lo sviluppo economico e sociale, dipendono da progressi tecnologici attuabili nel medio e lungo termine. Le ETP svolgono un ruolo chiave nell'indirizzare le priorità della ricerca europea verso le necessità dell'industria e della società nel suo complesso. Le ETP coprono infatti l'intera catena economica di valore assicurando la conversione dei risultati della ricerca in tecnologie e processi e infine in prodotti e servizi.

Sotto il ruolo guida dell'industria, le ETP riuniscono i diversi partecipanti intorno ad una visione e un approccio comune per lo sviluppo delle tecnologie interessate e per mobilitare la massa critica necessaria per lo sforzo di ricerca e innovazione. Ogni ETP elabora un *Strategic Vision Document* (SVD) nel quale vengono definiti gli obiettivi di ricerca a lungo termine (generalmente a 20 anni), una *Strategic Research Agenda* (SRA) incentrata sugli obiettivi a medio termine (generalmente a 7 anni) e un *Implementation Action Plan* (IAP) che riguarda gli obiettivi di RST a breve termine (figura 6.1). La SRA potrà essere utilizzata dalla Commissione Europea per la definizione dei futuri *work programs* e dalle autorità nazionali per la definizione di programmi di ricerca nazionali o transnazionali. In definitiva, le ETP sono basate su una *partnership* pubblico-privato che consente di fare incontrare le esigenze dell'industria e degli altri attori economici e sociali (istituzioni di ricerca, istituzioni finanziarie e autorità pubbliche) per definire il quadro di riferimento e le priorità di ricerca in settori industriali strategici per lo sviluppo sostenibile dell'Europa.

Figura 6.1: Sviluppo di una piattaforma tecnologica



Lo sviluppo delle ETP e la conseguente mobilitazione di significative risorse umane e finanziarie può aiutare ad assicurare gli investimenti nei settori della ricerca e dello sviluppo per migliorare la competitività delle aziende europee e quindi apportare benefici ai cittadini europei. L'istituzione delle ETP ha anche lo scopo di invertire la tendenza in base alla quale gli alti investimenti europei nella RST producono spesso benefici inferiori rispetto a quelli attesi.

La Commissione europea svolge un ruolo importante come catalizzatore per lo sviluppo delle ETP. Essa infatti provvede a:

- fornire supporto per l'identificazione delle principali esigenze europee che potrebbero trarre beneficio dallo sviluppo di una piattaforma tecnologica europea;
- fornire il legame tra le piattaforme tecnologiche europee e gli organi dell'UE deputati allo sviluppo della normativa per favorire normative coerenti, con le fonti finanziarie dell'UE al fine di promuovere investimenti coerenti, e con la DG adeguata, per garantire politiche coerenti;
- favorire i finanziamenti per i progetti e le iniziative sviluppate dalle piattaforme tecnologiche;
- favorire un migliore coordinamento degli investimenti pubblici in tutti gli Stati membri ed evitare inutili doppioni.
- coordinare gli investimenti pubblici per la RST con gli altri elementi del processo di innovazione.

Le piattaforme tecnologiche europee promettono benefici significativi anche per i partecipanti in quanto:

- forniscono una *road map* a lungo termine per orientare la ricerca scientifica e tecnologica secondo le esigenze dell'industria e per favorire l'applicazione di tecnologie con un valido ritorno commerciale;
- forniscono una piattaforma per un aumento della ricerca interdisciplinare in quanto gruppi di ricerca operanti in campi diversi sono indotti a collaborare per affrontare problemi comuni europei;
- forniscono una interfaccia tra l'industria, la comunità della ricerca e le autorità pubbliche e di regolamentazione favorendo lo sviluppo di normative e standard più efficaci e coerenti;
- assicurano una maggiore coerenza nelle politiche e un migliore coordinamento delle risorse per evitare duplicazioni di finanziamenti;
- offrono ai consumatori e agli utenti una struttura formale dove influenzare lo sviluppo di soluzioni e facilitare le soluzioni più adeguate ai problemi reali.

Sono state costituite 37 ETP suddivise in 9 settori tematici di importanza strategica. Ciascuna ETP ha una stretta collaborazione con la Commissione Europea, con le altre ETP "sorelle" che condividono aspetti comuni, con tutti gli attori della ricerca e dell'innovazione pubblici e privati a tutti i livelli e con le differenti componenti della filiera. Ciascuna ETP ha inoltre definito il quadro di riferimento fondamentale, identificando le necessità di ricerca e di sviluppo nell'area di interesse, il livello di conoscenze disponibili e i tempi e le difficoltà previste per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Ha inoltre suggerito le modalità da adottare per il raggiungimento degli obiettivi quali la definizione di progetti, *network*, iniziative di dimostrazione, impianti pilota, consorzi universitari, collaborazioni trasversali ecc.

Le ETPs trovano il proprio corrispettivo di azione negli Stati Membri dell'Unione Europea con le Piattaforme Tecnologiche Nazionali (NTP, *National Technology Platform*). Le NTP possono essere costituite come sezioni nazionali delle Piattaforme Europee oppure possono svilupparsi a seguito dell'azione degli operatori dei paesi interessati e delle istituzioni nazionali. La promozione delle NTP è comunque in stretta relazione con le priorità strategiche del singolo paese. L'allineamento delle attività di ricerca nazionali con quelle europee è assicurata dai cosiddetti "*mirror groups*", costituiti all'interno delle ETPs, nei quali sono presenti rappresentanti delle autorità pubbliche nazionali e comunitarie per assicurare un'efficace coordinamento tra le attività delle ETPs e le azioni sviluppate a livello nazionale. Le NTPs offrono inoltre l'opportunità di aprire bandi nazionali di ricerca su temi che si collegano alle Piattaforme Europee.

Il Programma Nazionale per la Ricerca 2010-2012 (MIUR, 2010), stimola la nascita e il consolidamento delle Piattaforme Tecnologiche Nazionali (PTN) e riconosce nelle PTN uno strumento innovativo per promuovere la collaborazione fra le amministrazioni, il sistema della ricerca pubblica e privata e le imprese, in sinergia con i Distretti ad Alta Tecnologia e i Poli di Eccellenza Nazionale. Le PTN individuano scenari di sviluppo tecnologico di medio-lungo periodo e le priorità tematiche e identificano gli strumenti di implementazione; si interfacciano con le esperienze analoghe sviluppate a livello comunitario e internazionale, sviluppano la messa in rete e il coordinamento nazionale degli attori di ricerca, dei distretti ad alta tecnologia e dei poli di eccellenza relativi a tematiche convergenti anche nell'ottica della interdisciplinarietà dell'approccio scientifico. Le PTN rispondono ai programmi strategici indicati nel Piano Nazionale della Ricerca definiti dalla politica nazionale di supporto alla ricerca e in coerenza con quella comunitaria.

I Distretti ad Alta Tecnologia nascono inizialmente come aggregazioni spontanee a scala regionale e, dal 2002 in poi, da atti normativi e programmatici in coerenza con gli obiettivi della Strategia di Lisbona, per rilanciare la competitività in materia di ricerca, sviluppo e innovazione di aree produttive esistenti. Essi si basano su una aggregazione territoriale che attui una interazione continua tra imprese, università e istituzioni di ricerca, guidata da uno specifico organo di governo. I Distretti ad Alta Tecnologia sono chiaramente distinti dai Distretti Industriali (caratterizzati da uno specifico comparto produttivo), e interpretano bene la necessità esplicitata dalla Comunità europea che riguarda la creazione di *cluster* di ricerca tecnologica, facendo confluire istituzioni e infrastrutture in un luogo fisico ad elevata contiguità.

Tabella 6.1: Le Piattaforme Tecnologiche Europee

Titolo	Acronimo
AERONAUTICA E SPAZIO	
Advisory Council for Aeronautics Research in Europe	ACARE
European Space Technology Platform	ESTP
AGROALIMENTARE	
Farm Animal Breeding and Reproduction Technology Platform	FABRE
Food European Technology Platform "Food for Life"	Food
Plants for the Future	Plants
AMBIENTE	
Forest based sector Technology Platform	Forestry
Water Supply and Sanitation Technology Platform	WSSTP
ENERGIA	
European Biofuels Technology Platform	Biofuels
European Wind Energy Technology Platform	TP Wind
SmartGrids European Technology Platform for Electricity Networks of the Future	SmartGrids
Sustainable Nuclear Energy Technology Platform	SNETP
Zero Emission Fossil Fuel Power Plants	ZEP
The European Hydrogen and Fuel Cell Platform	HFP
The European Technology Platform for Photovoltaics	Photovoltaics
ICT	
Embedded Computing Systems	ARTEMIS
European Initiative on Networked and Electronic Media	NEM
European Technology Platform on Smart Systems Integration	EPoSS
Networked European Software and Services Initiative	NESSI
The European Robotics Platform	EUROP
The Integral Satcom Initiative	ISI
The Mobile and Wireless Communications Technology Platform	eMobility
The Photonics Technology Platform	Photonics21
NANOTECNOLOGIE E MATERIALI	
European Nanoelectronics Initiative Advisory Council	ENIAC
European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies	EuMaT
Nanotechnologies for Medical Applications	NanoMedicine
Platform on Future Manufacturing Technologies	MANUFUTURE
Technology Platform on Sustainable Chemistry	SusChem
The European Construction Technology Platform	ECTP
The European Steel Technology Platform	ESTEP
The European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing	FTC
SALUTE	
European Technology Platform for Global Animal Health	GAH
Innovative Medicines for Europe	IME
SICUREZZA	
The European Technology Platform on Industrial Safety	IndustrialSafety
TRASPORTI	
European Rail Research Advisory Council	ERRAC
European Road Transport Research Advisory Council	ERTRAC
Waterborne Technology Platform	Waterborne

I Poli di Eccellenza raggruppano e collegano, su una ben definita frontiera tecnologica, le competenze/strutture gestite da una pluralità di istituzioni, incoraggiando l'interazione intensiva, l'uso in comune di installazioni, lo scambio di conoscenze ed esperienze, la messa in rete e la diffusione delle informazioni. Essi sono coordinati da un Consorzio di Imprese, Università, Enti di ricerca e altri soggetti pubblici e privati, e affrontano tecnologie che diventano sempre più complesse e interdisciplinari. Per favorire la ricerca tramite collaborazioni pubblico-privato e rafforzare ulteriormente il trasferimento tecnologico, le attività dimostrative e la formazione, i Poli di Eccellenza sono aperti alle industrie e sviluppano collegamenti nazionali e internazionali per potersi configurare come propulsori della ricerca applicata e dello sviluppo industriale.

6.3 Diffusione di informazioni sulle tecnologie ambientali

Il livello tecnologico costituisce un fattore chiave nel determinare gli impatti delle attività economiche e svolge un ruolo essenziale nel conciliare gli obiettivi economici, ambientali e sociali: una trasformazione nelle tecniche e nelle tecnologie che dominano le attività economiche è pertanto di vitale importanza se l'obiettivo finale è di convergere verso uno sviluppo sostenibile. Lo sviluppo, la promozione, la diffusione e l'adozione di tecnologie ambientali sono oggi considerate fondamentali per il successo di qualsiasi spinta verso un livello di sviluppo più sostenibile.

La diffusione di informazioni sulle tecnologie ambientali (banche dati, campagne pubblicitarie, "mediatori tecnologici" ecc.) ha un ruolo importante nello stimolare lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie ambientali e di accrescerne il potenziale di innovazione. In particolare, la tecnologia dell'informazione, nella forma di banche dati elettroniche, ha una grossa potenzialità per dare un contributo sostanziale alla diffusione di informazioni su esempi concreti di tecnologie ambientali grazie alla velocità con cui i dati possono essere inseriti e recuperati all'interno di un database elettronico. Il successo di tali iniziative è comunque legato all'esistenza di una domanda specifica per queste informazioni, domanda che, a sua volta, è stimolata dall'adozione di misure politiche adeguate come la regolamentazione e gli incentivi per spingere verso l'adozione di queste tecnologie.

La realizzazione di una banca dati per le tecnologie ambientali è, in teoria, una opzione relativamente facile e potenzialmente di alto profilo e può essere molto efficace per soddisfare la domanda di informazioni per le tecnologie ambientali. Tuttavia, per essere pienamente efficace, una banca dati per le tecnologie ambientali non dovrebbe limitarsi ad una lista di soluzioni tecniche a specifici problemi ambientali ma dovrebbe fornire una vasta gamma di informazioni per stimolare l'interesse e dimostrare che queste tecnologie funzionano, sottolineando i benefici economici e ambientali.

Alcuni tentativi erano stati fatti in passato per la realizzazione di banche dati per

le tecnologie pulite. Nel 1989, l'UNEP (*United Nations Environment Programme*) lanciò il programma "*Cleaner Production*". Uno degli elementi del programma era rappresentato dall'*International Cleaner Production Information Clearinghouse* (ICPIC), un database che doveva essere il "fiore all'occhiello" dell'intera rete informativa e contenere il grosso delle informazioni a disposizione. L'ICPIC era costituito da quattro parti: una serie di casi di studio, un servizio di pubblicazione di *abstract*, un database di contatti e un calendario di eventi. Nel 1988, la Commissione Europea promosse il *Network for Environmental Technology Transfer* (NETT) al fine di colmare il divario informativo tra le tecnologie ambientali "provate" e i potenziali utilizzatori del settore. Al fine di raggiungere questo obiettivo, NETT si proponeva di unire produttori e utilizzatori di queste tecnologie in una rete collaborativa. In sostanza, questa rete era destinata ad essere un luogo di incontro e di mercato per le tecnologie ambientali, rete che avrebbe dovuto coinvolgere associazioni industriali, consulenti, dipartimenti di ricerca universitari, camere di commercio e altri. NETT era composto da due banche dati: una "*directory*" di competenze e TECHNETT, una banca dati dei prodotti. A quei tempi, entrambe le iniziative non avevano dato i risultati sperati, in parte per la non maturità, in quegli anni, dello strumento informatico e in parte per la mancanza di stimoli per convergere verso tecnologie ambientali.

Oggi internet offre un'ampia gamma di risorse utili per l'acquisizione di informazioni sulle tecnologie ambientali e alcune di queste saranno brevemente illustrate nel seguito. Anche se molte delle risorse disponibili non danno una risposta immediata su quale tecnologia innovativa è maggiormente adatta a rispondere ad uno specifico problema ambientale, risultano molto utili nel dare una panoramica ampia sullo stato dell'arte nei diversi settori, aiutano l'incontro tra domanda e offerta e stimolano l'adozione e l'incorporazione di queste tecnologie nei cicli produttivi. Inoltre, la diffusione delle informazioni sulle tecnologie oggi disponibili e su quelle in fase di sviluppo certamente può rappresentare uno stimolo per ulteriori innovazioni e per promuovere nuovi modelli di competitività e/o di cooperazione per lo sviluppo di nuove tecnologie per la produzione più pulita.

L'ETAP sottolinea in maniera specifica la necessità di istituire un catalogo delle *directory* e dei database esistenti che si occupano di tecnologie ambientali, allo scopo di facilitare l'accesso a queste informazioni da parte dei soggetti interessati. Questo catalogo è stato realizzato sul sito dell'*European Environment Agency* (EEA), pagina web <http://technologies.ew.eea.europa.eu/resources/directories>, e contiene le *directory* aziendali (24 elementi) e i database tecnologici (15 elementi) relativi ai mercati europei e mondiali. Purtroppo, in una recente consultazione di questo catalogo (6 maggio 2011) ben 15 *link* su 39 risultavano non funzionanti o rimandavano a pagine web non più esistenti. Inoltre, alcuni dei *link* funzionanti rinviavano allo stesso sito web. Questo può indicare che le risorse messe a disposizione per questa iniziativa non sono sufficienti, anche solo per mantenere aggiornato l'elenco, perdendo quindi uno dei principali vantaggi delle banche dati *on-line*, ossia la velocità di aggiornamento dei dati.

Tra le varie banche dati presenti sul web, le “*Green Pages Directory for Environmental Technology*”, gestite da *ECO Services International* (<http://eco-web.com>), rappresentano una risorsa utile di informazioni *on-line* elencando le imprese e le organizzazioni fornitrici di prodotti e servizi ambientali. Complessivamente sono presenti più di 7000 fornitori di tecnologia in circa 150 paesi. La ricerca delle informazioni può essere fatta per categoria (10 categorie con un totale di 80 sotto-categorie che vanno dal trattamento delle acque all'inquinamento atmosferico, dalla gestione e riciclo dei rifiuti alle energie rinnovabili), per paese o mediante ricerca avanzata. Il risultato della ricerca è rappresentato da una lista di fornitori operanti nel campo specifico cercato, con un rimando ai rispettivi siti web. L'inserimento nella banca dati, gratuito, viene effettuata direttamente dall'azienda interessata, previa verifica e controllo da parte del gestore del sito. L'attualità delle informazioni riportate è assicurata dalla rimozione del riferimento se questo non viene aggiornato per più di un anno. Il sito riporta anche una serie di pubblicazioni, eventi e news.

Il progetto europeo ACT CLEAN (*ACcess to Technology and know how on CLEANer production in Central Europe*) era stato iniziato nel 2008 (con durata triennale) con l'obiettivo principale di promuovere le tecnologie pulite e l'eco innovazione nelle Piccole e Medie Imprese dei paesi dell'Europa Centrale (<http://www.act-clean.eu>). ACT CLEAN, è coordinato dalla Germania con la partecipazione di Austria, Italia, Polonia, Repubblica Ceca, Slovacchia, Slovenia e Ungheria. In Italia il “*Contact Point*” è l'ENEA. Il progetto si propone di creare il primo *network* dell'Europa Centrale per collegare in modo diretto la domanda all'offerta e per fornire alle piccole e medie imprese il *know-how* tecnologico e manageriale di soluzioni già sperimentate e immesse nel mercato. Il database ACT CLEAN riporta oltre 1000 esempi di soluzioni tecnologiche e attività rispettose dell'ambiente e includono anche strumenti gestionali/operativi (LCA, *ecodesign*, SGA, ecc.) e strumenti diagnostici (ad esempio per misurare determinati parametri ambientali). Uno dei limiti del database ACT CLEAN è che riporta indifferentemente sia soluzioni tecnologiche già presenti sul mercato che in fase di sviluppo. Inoltre, le informazioni riportate nei vari record sono a volte troppo generiche e non descrivono in modo chiaro gli aspetti innovativi della tecnologia proposta rispetto alle tecnologie tradizionali o prevalenti.

Il portale Internet “*Cleaner Production Germany*” (<http://www.cleaner-production.de/en/>) fornisce informazioni complete sulle tecnologie ambientali e sui servizi ambientali in Germania. Il sito offre numerose informazioni ed esempi pratici sullo stato dell'arte, suddivise per aree tecnologiche, che permettono un rapido orientamento nel settore di interesse. Sono anche riportati i *link* ai fornitori di tecnologia ed esiste la possibilità di sottoscrivere una *newsletter*.

In Italia, un ottimo servizio è fornito dal sito Tecnologie Pulite (<http://www.tecnologiepulite.it>), sito realizzato e gestito da ERVET (Emilia-Romagna Valorizzazione Economica Territorio SpA), società “*in house*” della Regione Emilia-Romagna che opera come agenzia di sviluppo territoriale a supporto della Regione. Il sito mette a disposizione un'ampia gamma di

informazioni inerenti le tecnologie ambientali, sia per prevenire l'inquinamento che per quanto riguarda la tecnologie di abbattimento. Il sito raccoglie inoltre una serie di approfondimenti tecnici per l'individuazione delle tecnologie pulite applicabili ai settori produttivi analizzati, casi studio su progetti e sperimentazioni di tecnologie innovative in campo ambientale, una sezione dedicata alla normativa, alle *news* e agli eventi e infine un elenco di possibili fornitori. Anche se ritagliato sulla realtà emiliano-romagnola, il sito rappresenta una interessante fonte di informazioni.

Uno degli aspetti più importanti nel campo dell'offerta di nuove tecnologie ambientali è la verifica, indipendente e affidabile, delle prestazioni ambientali reclamizzate dai fornitori di tecnologia. In altre parole, assicurare il potenziale mercato che i dati e le informazioni fornite circa le prestazioni ambientali di una tecnologia o di un processo tecnologico innovativo sono validi, credibili e supportati da test indipendenti può avere un notevole interesse. Per questo scopo, l'USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) ha creato nel 1995 il programma *Environmental Technology Verification* (ETV) allo scopo di contribuire ad accelerare l'ingresso delle nuove tecnologie ambientali nei mercati nazionali e internazionali. L'ETV è un programma volontario, basato su una *partnership* pubblico-privato, che sviluppa protocolli di prova e, tramite istituzioni terze, verifica le prestazioni di tecnologie innovative che hanno il potenziale di migliorare la protezione della salute umana e dell'ambiente e che siano già disponibili su base commerciale. L'ETV non approva o certifica le prestazioni ambientali delle tecnologie verificate ma mette a disposizione sul suo sito (<http://www.epa.gov/nrmrl/std/etv>) le informazioni oggettive sulle prestazioni, ottenute dalle organizzazioni di verifica, per facilitare il processo decisionale (acquirenti di tecnologia, sviluppatori e fornitori di tecnologia, consulenti, finanziatori, enti di controllo, organizzazioni ambientaliste e altri). Nel 2005, L'ETV ha avviato il programma ESTE (*Environmental and Sustainable Technology Evaluations*) per la verifica, tramite contratto con le organizzazioni di verifica, delle categorie tecnologiche considerate prioritarie da USEPA.

Un programma orientato a fornire un meccanismo per la verifica indipendente e obiettiva delle prestazioni delle tecnologie ambientali proposte dagli operatori del settore è stato avviato nel 1997 anche da *Environment Canada* con il programma ETV-Canada (<http://www.etvcanada.ca>). Il sito riporta un elenco di tecnologie verificate sotto il programma ETV. Analogamente, il Ministero dell'Ambiente (MoE) del Giappone ha lanciato nel 2003 un progetto pilota per verificare oggettivamente le prestazioni di tecnologie ambientali pronte per la commercializzazione. Sul sito web (<http://www.env.go.jp/policy/etv/en>) è possibile trovare, in inglese, i protocolli dei *test* per alcuni settori tecnologici.

6.4 Cleaner Production e Pollution Prevention

Nelle discussioni sulla tutela ambientale e sulla sostenibilità dei sistemi produttivi è diventato comune sottolineare le virtù della prevenzione dell'inquinamento. I sistemi di controllo tradizionali dell'inquinamento "end of pipe" hanno svolto e continuano a svolgere un ruolo importante nel proteggere la società dai rischi ambientali. Ma, in molti casi, è più efficace riorganizzare la produzione in modo che l'inquinamento sia prevenuto, piuttosto che effettuare operazioni di abbattimento degli inquinanti dopo che questi siano stati prodotti.

Le espressioni *Pollution Prevention* (PP), utilizzata prevalentemente in Nord America, e *Cleaner Production* (CP), utilizzata in altre parti del mondo, sono spesso usate come sinonimi. L'obiettivo delle strategie CP/PP è di evitare o limitare la produzione di rifiuti e delle emissioni, attraverso modifiche nei processi produttivi, dei materiali in entrata, delle procedure operative e/o dei prodotti e servizi forniti e facendo un uso più efficiente dei materiali e dell'energia. Questi concetti nascono negli anni 70-80 dall'osservazione che è molto più sensato, e anche economicamente vantaggioso, prevenire la formazione di rifiuti e delle emissioni piuttosto che controllarli e trattarli dopo che questi sono stati generati. Sebbene le strategie CP/PP siano state inizialmente introdotte in industrie di trasformazione di grandi dimensioni, queste si sono dimostrate ugualmente applicabili e vantaggiose per le piccole e medie industrie manifatturiere, per il settore delle costruzioni e per i servizi. Le piccole e medie imprese possono però incontrare particolari problemi nell'adottare strategie CP/PP, a causa delle limitazioni del loro personale e delle risorse tecniche e finanziarie.

L'espressione *Cleaner Production* è stata definita dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) nel 1990 come "La continua applicazione di una strategia integrata di prevenzione ambientale applicata a processi, prodotti e servizi per aumentare l'efficienza complessiva e ridurre i rischi per l'uomo e l'ambiente" (<http://www.unep.fr/scp/cp/>). Questa definizione è stata usata in tutti i programmi relativi alla promozione della *Cleaner Production* e continua ad essere una definizione valida. Tuttavia, la confluenza tra crisi economica e ambientale che si è verificata negli ultimi anni ha consolidato la comprensione dell'interdipendenza tra sistemi economici e ambientali e ha fornito un nuovo impulso agli sforzi per promuovere la transizione verso sistemi industriali più sostenibili. Ciò ha richiesto l'ampliamento della definizione di *Cleaner Production* per includere l'uso efficiente delle risorse (*Resource Efficient and Cleaner Production - RECP*).

L'OECD definisce *Cleaner Production* "i processi produttivi che minimizzano gli impatti ambientali (ad esempio, basso uso di energia e materie prime, basse emissioni e rifiuti) attraverso cambiamenti nei processi produttivi" e *Pollution Prevention* "l'impiego di materiali, processi o pratiche per ridurre, minimizzare o eliminare la creazione di sostanze inquinanti o rifiuti. Essa comprende le pratiche che riducono l'uso di materiali tossici o pericolosi, l'uso di energia, acqua, e/o altre risorse" (<http://stats.oecd.org/glossary/index.htm>).

La *US Environmental Protection Agency* (USEPA) definisce *Pollution Prevention* (P2) "la riduzione o l'eliminazione dei rifiuti alla fonte modificando i processi di produzione, la promozione dell'uso di sostanze non tossiche o meno tossiche, l'implementazione di tecniche di conservazione delle risorse, il riutilizzo di materiali piuttosto che la loro immissione nel flusso dei rifiuti" (<http://www.epa.gov/opptintr/p2home/>).

La definizione di *Pollution Prevention* secondo il *Canadian Environmental Protection Act*, 1999 (CEPA 1999) è la seguente: "l'uso di processi, pratiche, materiali, prodotti, sostanze o di energia tali da evitare o ridurre al minimo la creazione di sostanze inquinanti e di rifiuti e ridurre il rischio complessivo per la salute umana o per l'ambiente" (<http://www.ec.gc.ca/planp2-p2plan/>).

Secondo tutte le più rilevanti definizioni, *Cleaner Production/Pollution Prevention* rappresenta quindi l'applicazione di una strategia integrata applicata a processi, prodotti e servizi per proteggere l'ambiente, i consumatori e i lavoratori attraverso una filosofia di riduzione delle emissioni e dei rifiuti alla fonte, migliorando nel contempo l'efficienza industriale, la redditività e la competitività delle imprese. In questo senso, è molto diversa dal concetto di eco-efficienza, definita dal *World Business Council for Sustainable Development*, WBCSD (<http://www.wbcsd.org>) come "la fornitura di beni e servizi a prezzi competitivi che soddisfino i bisogni umani e che portino qualità alla vita, mentre si riducono progressivamente gli impatti ecologici e l'intensità delle risorse durante l'intero ciclo di vita ad un livello almeno in linea con la capacità stimata della Terra". Il concetto di *Cleaner Production/Pollution Prevention* parte da questioni di efficienza ambientale con il fine di produrre benefici economici, mentre l'eco-efficienza è basata sulla ricerca dell'efficienza economica per produrre benefici ambientali.

6.4.1 L'applicazione dei principi della CP/PP

Esiste un'ampia letteratura sui concetti e l'applicazione delle strategie *Cleaner Production/Pollution Prevention* (CP/PP). L'attuazione del metodo CP/PP si basa sulla continua applicazione di una strategia integrata di prevenzione ai processi, alle operazioni e ai prodotti, al fine di evitare, o almeno ridurre al minimo, la produzione di rifiuti e di emissioni. Questa strategia può essere integrata con un sistema di gestione ambientale (EMS) per raggiungere specifici obiettivi di produzione. L'integrazione di EMS e CP/PP è considerata utile per impedire l'adozione di soluzioni *end of pipe* e come base di partenza per l'introduzione delle tecnologie ambientali (UNIDO, www.unido.org).

Il metodo di lavoro per la CP/PP a livello di impianto è caratterizzato da una procedura sistematica pianificata con l'obiettivo di individuare i modi per ridurre o eliminare la produzione di rifiuti ed emissioni. L'applicazione di questa mentalità preventiva a impianti produttivi esistenti in genere si traduce nella messa in evidenza di differenti opportunità di CP/PP su misura per i prodotti, i processi e le operazioni dell'azienda. Una valutazione comparata di queste

opportunità è quindi necessaria per sfruttare i vantaggi ambientali ed economici della CP/PP. Inoltre, la valutazione dovrebbe avviare un programma permanente di CP/PP che catalizzi l'impegno aziendale all'ottenimento di continui miglioramenti ambientali nelle proprie operazioni. Per sottolineare il processo continuo di miglioramento, le valutazioni CP/PP sono a volte indicate anche come cicli di "miglioramento ambientale". Tali cicli hanno tre funzioni:

- 1) analisi del carico ambientale dei processi produttivi e identificazione delle cause;
- 2) inventario e valutazione delle opzioni di miglioramento per i processi produttivi;
- 3) integrazione delle opzioni realizzabili nei processi di produzione e nel funzionamento quotidiano della società.

L'iterazione del processo permette alla società di raggiungere il miglioramento ambientale in diverse aree quali:

- conservazione delle risorse: miglioramento dell'efficienza nell'uso delle materie prime e dell'energia al fine di ridurre l'input di risorse naturali per unità prodotta;
- riduzione e, per quanto possibile, eliminazione dell'uso di sostanze pericolose. A questo proposito, tutte le sostanze che possono esercitare un impatto negativo sull'ambiente devono essere considerate come "pericolose", non solo quindi le sostanze tossiche ma anche, ad esempio, le sostanze chimiche dannose per l'ozono o che impattano sul riscaldamento globale;
- minimizzazione dei rifiuti: riduzione e, per quanto possibile, eliminazione della generazione di rifiuti, inclusi i sottoprodotti, le emissioni atmosferiche e gli scarichi di acque reflue.

Il metodo di lavoro per l'esecuzione di una valutazione CP/PP normalmente consiste di un "metodo", una "procedura" e di una "supervisione" esterna. Il metodo serve come strumento per l'identificazione di opzioni di CP/PP. La procedura organizza le attività necessarie e quindi favorisce lo sviluppo e l'applicazione delle misure di CP/PP. La supervisione esterna informa e stimola il team responsabile della valutazione a livello di impianto.

Poiché la CP/PP si concentra sul processo produttivo che genera il flusso di rifiuti e delle emissioni, l'elemento centrale del *metodo CP/PP* è *esaminare e valutare il processo produttivo*. Questa valutazione consiste nella identificazione delle fonti seguita da una valutazione delle cause e infine dalla individuazione delle opzioni correttive.

Per *l'identificazione delle fonti* è necessario sviluppare un inventario dei flussi di materiali ed energia in entrata e in uscita dall'impianto produttivo con i relativi costi. Questo si traduce nella costruzione di un diagramma di flusso, che consenta l'identificazione di tutte le fonti che generano rifiuti ed emissioni. Per quanto possibile, è opportuno suddividere l'intero processo produttivo in singole operazioni unitarie, ciascuna caratterizzata da specifici materiali (ed energia) in

ingresso e in uscita. È importante scegliere il giusto livello di dettaglio durante la divisione del processo produttivo in operazioni unitarie come pure potrebbe essere opportuno entrare nei dettagli solo per quelle operazioni unitarie che generano importanti flussi di rifiuti ed emissioni in termini qualitativi e quantitativi. Inoltre, è necessario non trascurare sorgenti di rifiuti e di emissioni non legate al processo principale come gli interventi di manutenzione, la pulizia ecc.

Il passo successivo è la *valutazione delle cause*, ossia valutare tutti i flussi di materia e i fattori che influenzano il volume e la composizione dei rifiuti e delle emissioni generate. Per tale scopo viene generalmente utilizzata una lista di controllo delle possibili cause della produzione di rifiuti che tenga conto dei requisiti del prodotto, delle specifiche dei materiali in ingresso, della tecnologia, delle condizioni operative dell'impianto (pratiche di funzionamento), e delle caratteristiche dei rifiuti e delle emissioni. Per valutare l'importanza relativa di ciascuna delle cause della produzione di rifiuti e di emissioni è necessario un bilancio di massa per tutte le operazioni unitarie o per l'intero processo produttivo. Poiché in genere mancano dati dettagliati, è difficile compilare bilanci di massa per tutti i componenti dei materiali in ingresso e in uscita. Tuttavia, il processo di valutazione dovrebbe almeno portare ad una comprensione delle cause della produzione di rifiuti e delle emissioni e fornire una risposta a cinque domande fondamentali sul volume e/o la composizione dei rifiuti e delle emissioni dal processo produttivo e/o sul potenziale di riciclaggio dei rifiuti di processo e delle emissioni:

- 1) impatto delle specifiche dei prodotti;
- 2) impatto dei materiali in ingresso;
- 3) impatto dei fattori tecnologici (*design* di processo, apparecchiature ecc.);
- 4) impatto delle prassi operative (pianificazione, formazione dei lavoratori, motivazione ecc.);
- 5) impatto delle procedure di gestione dei rifiuti.

Una discussione aperta tra gli operatori, i gestori dell'impianto e il "supervisore" esterno in genere fornisce una comprensione soddisfacente delle cause della produzione di rifiuti e delle emissioni.

L'obiettivo del passo logico successivo è quello di *individuare metodi alternativi e opzioni correttive (opzioni CP/PP)* per eliminare o controllare le cause della produzione di rifiuti e di emissioni. Queste possono essere basate su cinque tecniche generali di prevenzione:

- 1) **modifica del prodotto**: cambiamenti nelle caratteristiche del prodotto, come la forma e la composizione del materiale. Ad esempio, il nuovo prodotto può avere vita più lunga, può essere più facile da riparare, o la fabbricazione del prodotto è meno inquinante. Anche le modifiche nella confezione del prodotto possono essere considerate come modifiche di prodotto;

- 2) **sostituzione dei materiali in ingresso**: uso di materie prime e additivi meno inquinanti e utilizzo di ausiliari di processo (es. lubrificanti e liquidi refrigeranti) meno inquinanti e con una durata più lunga;
- 3) **modifica della tecnologia utilizzata**: miglioramento dell'automazione, miglioramento del processo, ottimizzazione del processo, ridisegno delle attrezzature e sostituzione del processo;
- 4) **modifica delle procedure e delle prassi operative utilizzate**: cambiamenti nelle procedure operative e gestionali al fine di eliminare la produzione di rifiuti ed emissioni. Esempi sono la prevenzione dei versamenti e una migliore istruzione e formazione dei lavoratori;
- 5) **riciclo e riuso on-site**: applicazione utile di rifiuti e sottoprodotti in azienda dove questi sono stati generati. Ciò potrebbe avvenire attraverso il riutilizzo come materia prima, il recupero di materiali o altre applicazioni.

Una volta che le opzioni CP/PP sono state individuate, queste devono essere valutate come tutti gli altri investimenti e le alternative di innovazione tecnologica al fine di capire quale combinazione di opzioni genera i migliori benefici ambientali ed economici.

Il metodo descritto deve essere incorporato in una procedura che serva a organizzare gli sforzi, a informare gli operatori all'interno dell'azienda e che riunisca le persone che possono sviluppare, valutare e implementare le opportunità CP/PP. L'uso di una procedura in quattro fasi, originariamente sviluppata da USEPA, è ancora molto diffusa, anche se alcune modifiche sono state integrate nel corso degli anni. Le fasi originali erano: pianificazione e organizzazione, valutazione, analisi di fattibilità, attuazione e continuazione.

Gli investimenti nelle CP/PP, oltre ad avere un impatto positivo sulla *performance* ambientale dell'impresa, hanno generalmente anche un ritorno economico. Questi benefici economici sono ottenuti attraverso:

- **riduzione dei costi per materie prime, energia e acqua**: l'applicazione delle opzioni CP/PP può ridurre il consumo di materia, energia e acqua per unità di prodotto ottenuto, e quindi permette di realizzare economie sui costi di queste risorse naturali;
- **riduzione delle spese per il trattamento dei rifiuti**: il carico inquinante dei flussi dei rifiuti di processo (rifiuti solidi, acque reflue, emissioni in atmosfera) viene ridotto, e quindi i costi per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti e delle emissioni sono ridotte;
- **aumento dei ricavi**: l'applicazione delle opzioni CP/PP spesso aumenta l'efficienza dei processi produttivi, con conseguente aumento dei livelli produttivi;
- **migliore qualità del prodotto**: l'applicazione delle opzioni CP/PP normalmente migliora il livello di controllo sui processi produttivi, con un miglioramento generale della qualità del prodotto.

L'aspetto più interessante dell'applicazione del metodo CP/PP è che spesso è possibile ottenere risultati di rilievo anche senza ricorrere all'installazione di

tecnologie d'avanguardia. Un esempio banale è rappresentato dal “prodotto” che in parte finisce come rifiuto o come emissione in atmosfera o nelle acque reflue, con un evidente problema ambientale ed economico in quanto, di fatto, questa parte di “prodotto” non solo non viene venduta come tale ma contribuisce ai costi degli impianti di abbattimento delle emissioni. Spesso, opportune modifiche nelle procedure e nelle prassi operative possono ridurre o eliminare questo problema.

6.5 Esempi di tecniche e tecnologie per la sostenibilità dei sistemi produttivi industriali

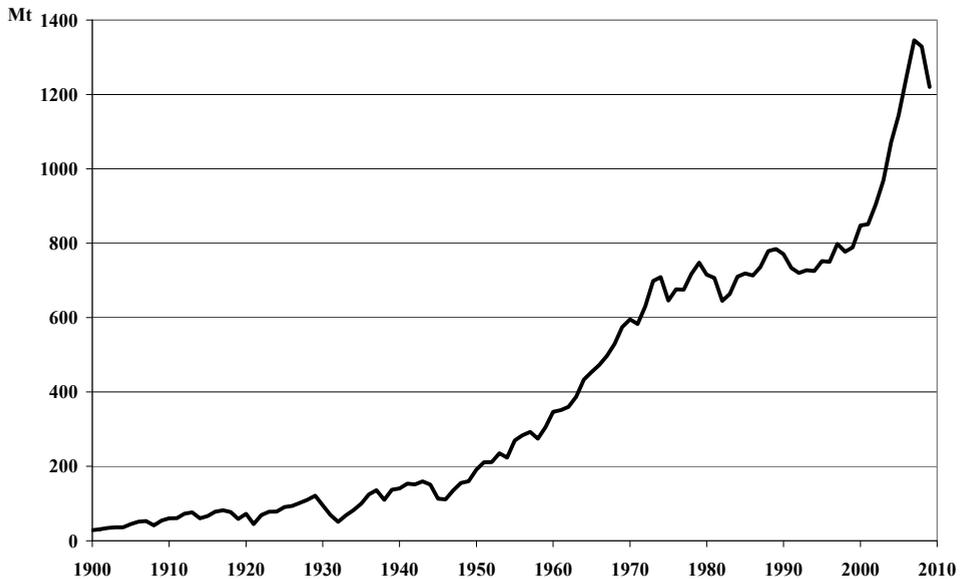
6.5.1 L'industria siderurgica

L'industria siderurgica ha sempre svolto un ruolo importante nello sviluppo economico e sociale quale fornitrice di uno dei più diffusi materiali di base, largamente impiegato in agricoltura, nell'edilizia, nei trasporti, nella produzione e distribuzione di energia, nella fabbricazione di macchinari e attrezzature, in medicina e in molti altri settori. La cosiddetta “rivoluzione industriale”, che ha comportato una profonda trasformazione da un sistema produttivo di tipo agricolo-manifatturiero ad uno industriale, con profonde ripercussioni sul sistema economico e sociale nel suo insieme, si è basata principalmente sugli sviluppi tecnici e sull'aumento della produzione del settore siderurgico.

La produzione mondiale di acciaio è cresciuta in maniera esponenziale nel 20° secolo, passando da 28 milioni di tonnellate nel 1900 a 757 milioni di tonnellate nel 1995. La crescita nella produzione è stata esplosiva a partire dall'immediato dopoguerra, passando da 113 a 644 milioni di tonnellate dal 1945 al 1975, spinta dalla ricostruzione delle economie distrutte dalla guerra e, ancora più importante, dal successo popolare dell'automobile e dalla cultura del consumo. Durante questo periodo, l'industria siderurgica si è sviluppata principalmente in Europa occidentale e negli Stati Uniti, seguiti da Unione Sovietica, Europa orientale e Giappone. Dalla crisi petrolifera del 1974-75 e fino al 1995, la produzione di acciaio è stata praticamente stagnante, con una produzione globale di 700-750 milioni di tonnellate all'anno, dovuta al raggiungimento di un livello stabile nel consumo di acciaio da parte dei paesi industrializzati. A partire dal 1995, la produzione mondiale di acciaio ha ripreso ad aumentare considerevolmente e nel 2004 ha superato 1000 milioni di tonnellate. Nel 2007, la produzione mondiale di acciaio ha raggiunto un picco di 1346 milioni di tonnellate per poi flettere a seguito della crisi dell'economia mondiale e delle sue ripercussioni sull'industria manifatturiera e sul settore delle costruzioni, e quindi sul settore siderurgico, con forti contrazioni della domanda e della produzione di acciaio (figura 6.2)²²².

²²² Worldsteel, World Steel Association, Brussels, Belgio, 2010, <http://worldsteel.org>

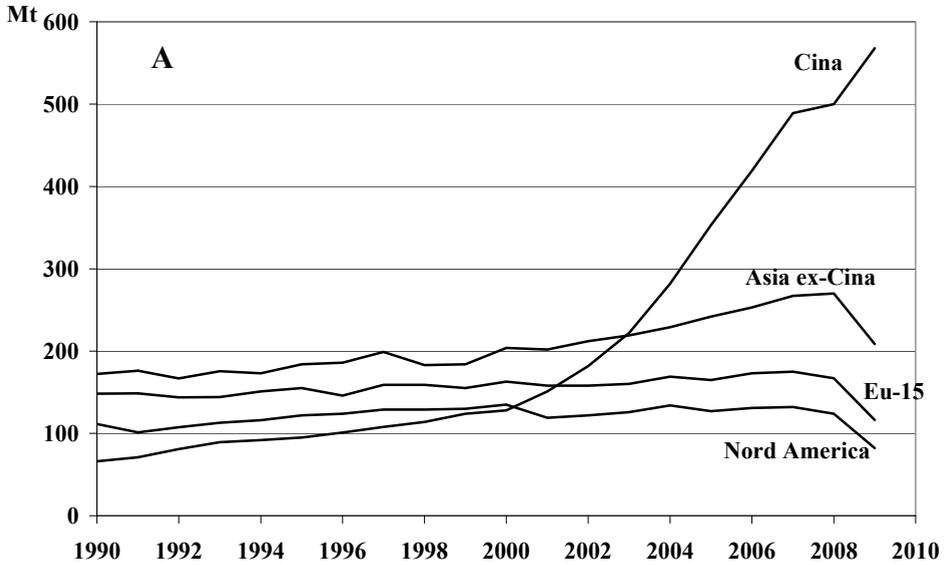
Figura 6.2: Produzione mondiale di acciaio nel periodo 1900-2009



Fonte: Worldsteel, 2010

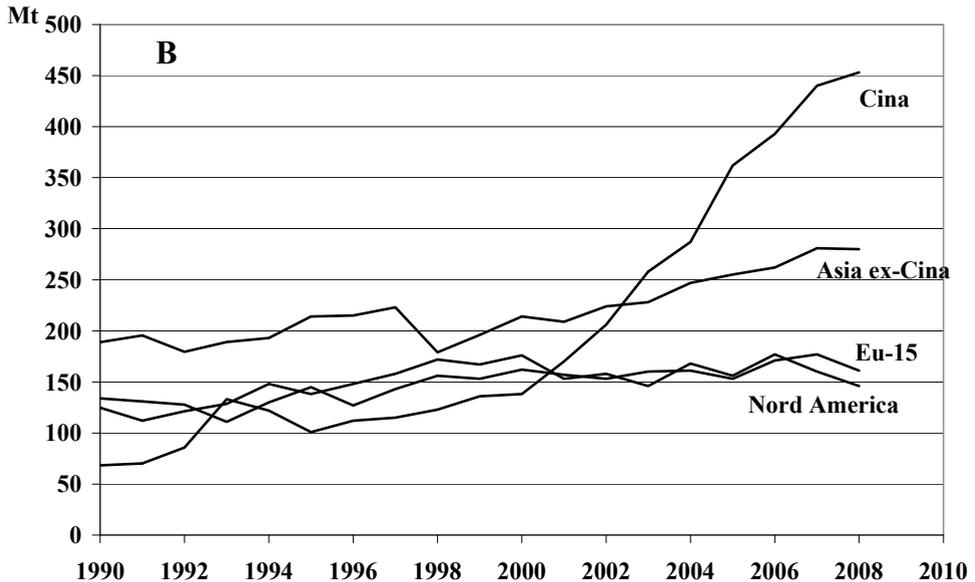
La forte crescita nella produzione di acciaio nel corso degli ultimi dieci anni è stata in gran parte determinata dalla forte domanda nei paesi in via di sviluppo, in particolare in Cina, necessaria per sostenere il processo di industrializzazione e la crescita economica di questi paesi. La produzione e il consumo di acciaio sono cresciuti costantemente in Cina. Da una produzione di 66,3 milioni di tonnellate nel 1990, la Cina è passata a 128 milioni di tonnellate nel 2000, a 353 nel 2005 e 568 milioni di tonnellate nel 2009 (il 46,5% della produzione mondiale). L'aumento della produzione ma soprattutto il forte aumento nel consumo di acciaio ha sostenuto lo spettacolare sviluppo della Cina nell'ultimo decennio (figure 6.3 e 6.4).

Figura 6.3: Produzione (A) di acciaio in Cina, Asia ex-Cina, Europa e Nord America nel periodo 1990-2009



Fonte: Worldsteel, 2010

Figura 6.4: Consumo (B) di acciaio in Cina, Asia ex-Cina, Europa e Nord America nel periodo 1990-2009



Fonte: Worldsteel, 2010

I paesi più sviluppati non hanno però rinunciato alle loro produzioni, a dimostrazione di come il ruolo dell'acciaio sia fondamentale per lo sviluppo economico. L'acciaio è un settore chiave per l'economia e la competitività europea. L'industria dell'acciaio nei 27 Stati membri dell'UE ha una produzione totale annua di circa 200 milioni di tonnellate e genera circa 200 miliardi di euro di fatturato annuo. Essa fornisce occupazione diretta a circa 400.000 persone e occupazione indiretta a diversi milioni di cittadini europei impiegati nelle lavorazioni a valle dell'acciaio e nelle industrie di utilizzo e di riciclo. A seguito della recente crisi economica, la produzione di acciaio nei paesi dell'Unione Europea nel 2009, 138,8 Mt, è diminuita del 29,9% rispetto al 2008, ovvero di ben 59,2 Mt (Eurofer, 2009)²²³.

L'Italia è il secondo produttore europeo di acciaio e l'undicesimo nel mondo. Il settore siderurgico è strategico per l'economia italiana e si colloca ai vertici del sistema economico nazionale, con una produzione al 2007 di oltre 30 Mt di acciaio, 100.000 addetti diretti e indiretti e un fatturato di oltre 45 miliardi di Euro. Le notevoli difficoltà che nel 2009 ha incontrato l'economia reale in Italia, accompagnata da un domanda estera particolarmente debole, ha portato una notevole caduta della domanda di prodotti siderurgici. In Italia, la produzione di acciaio nel 2009 ha subito una caduta di 10,7 Mt, pari al 35,1%, passando da 30,6 Mt nel 2008 a 19,8 Mt. nel 2009. L'occupazione nel settore siderurgico in Italia nel 2009 ha subito una riduzione pari al 4,5% per portarsi a 37.616 addetti nella siderurgia primaria, che si è rivelata piuttosto contenuta in relazione alla caduta della produzione (-35,1%) e del fatturato (-50%) (Federacciai, 2009)²²⁴.

L'industria siderurgica è un settore ad elevata intensità di materiali ed è anche un grande consumatore e produttore di energia. Essendo tra le industrie a maggior consumo di materie prime, è produttrice di una notevole quantità di residui e sottoprodotti e ha una notevole rilevanza ambientale in termini di emissioni e di impatti verso i vari compartimenti ambientali. Ha inoltre un importante ruolo globale per quanto riguarda le emissioni di CO₂.

La figura 6.5 presenta uno schema semplificato dei flussi di massa per l'acciaio grezzo prodotto nella UE-27 nel 2006 (EC, 2009)²²⁵. Questo schema non include l'estrazione delle materie prime, il consumo di acqua e gas necessari al processo (a parte l'ingresso di gas combustibile) e le attività di riciclo. La figura evidenzia come quasi la metà del materiale in ingresso nel ciclo di produzione fuoriesca sotto forma di gas, sottoprodotti e residui solidi.

Più di 10.000 m³ di gas sono emessi per ogni tonnellata di acciaio prodotto. I

²²³ Eurofer, European Confederation of Iron and Steel Industries, Brussels, Belgio, Annual Report, 2009, (www.eurofer.org).

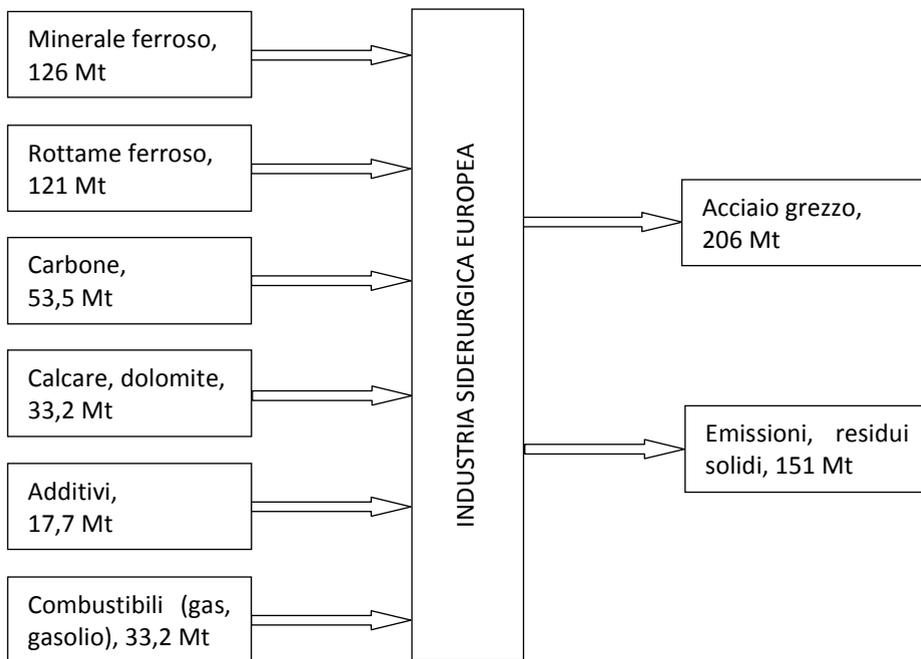
²²⁴ Federacciai, *L'industria siderurgica italiana nel 2009. Relazione annuale*, Federacciai, 2009 - Federazione Imprese Siderurgiche Italiane (<http://www.federacciai.it>).

²²⁵ EC, *Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel*, Draft July 2009, European IPPC Bureau, Seville, Spain, 2009.

componenti dominanti nelle emissioni gassose sono il monossido di carbonio ($\text{CO} \approx 11 \text{ kg/t}$), il biossido di zolfo ($\text{SO}_2 \approx 4,5 \text{ kg/t}$) gli ossidi di azoto ($\text{NO}_x \approx 0,7 \text{ kg/t}$), le polveri (100-120 kg/t) e diversi metalli. I rifiuti solidi sono costituiti principalmente dalla scoria. La quantità di scoria generata nell'altoforno è circa 150-350 kg per tonnellata di metallo liquido, quella prodotta nel convertitore a ossigeno varia tra 90 e 60 kg per tonnellata di acciaio liquido mentre un forno elettrico ad arco produce 60-250 kg di scoria per tonnellata di acciaio. Le emissioni nelle acque reflue dipendono dallo stadio del processo tecnologico. Il problema più grave riguarda la contaminazione delle acque reflue con grassi e oli.

A causa del ruolo molto importante dell'industria siderurgica nell'economia globale, l'ulteriore sviluppo del settore e la crescita della competitività non hanno altra alternativa che convergere verso un modello di produzione più sostenibile, capace di integrare efficienza economica, sociale e ambientale e in grado di ottimizzare l'uso delle risorse e prevenire sostanzialmente la produzione di rifiuti. La strada per la sostenibilità del settore produttivo dell'acciaio richiederà modifiche sostanziali delle procedure e delle tecnologie utilizzate e rappresenta una delle sfide più difficili rispetto a qualsiasi altro settore industriale. Tuttavia, la necessità di un nuovo modello di crescita del settore, in grado di soddisfare i tre pilastri dello sviluppo sostenibile – la tutela dell'ambiente (applicazione di tecnologie più

Figura 6.5: Flussi di massa nell'industria siderurgica europea (EU-27) nel 2006



Fonte: EC, 2009

pulite), lo sviluppo economico (il mantenimento e la crescita dei posti di lavoro) e la coesione sociale (la consapevolezza che un ulteriore sviluppo è inaccettabile se porta alla devastazione dell'ambiente) - sembra essere più urgente che mai al fine di assicurare la continuità delle sue operazioni.

La globalizzazione dell'economia ha avuto e continua ad avere un profondo effetto sul settore siderurgico. Sotto la spinta dell'aumento dei prezzi delle materie prime il settore ha compiuto notevoli progressi tecnologici per accrescere la sua performance attraverso una serie di modifiche tali da ridurre l'intensità materiale ed energetica per unità di produzione, guadagnandone in efficienza e competitività. A livello globale, però, molti dei benefici ambientali ottenuti dall'industria siderurgica nei paesi occidentali sono stati annullati dalla crescita esponenziale che si è avuta nei paesi emergenti negli ultimi anni.

I processi attualmente utilizzati in tutto il mondo per la produzione di acciaio sono essenzialmente due: il ciclo integrato, dove l'acciaio viene prodotto per riduzione dei minerali di ferro attraverso una serie di processi tra loro correlati (cokeria, sinterizzazione, altoforno, convertitore a ossigeno) e il ciclo del forno elettrico ad arco, dove l'acciaio viene prodotto essenzialmente per fusione di rottami ferrosi. A questi processi, recentemente se ne sono aggiunti altri due: la riduzione diretta (*direct reduction*) che prevede la produzione di ferro in una forma ridotta a partire da minerali di ferro e un agente riducente (es. gas naturale) ottenendo un prodotto solido (*Direct Reduced Iron*, DRI) che può essere utilizzato come materia prima in un forno elettrico ad arco e la fusione diretta (*smelting reduction*, SR), un processo in due stadi nei quali alla preliminare riduzione del minerale di ferro fa seguito un processo di fusione ottenendo ghisa liquida (figura 6.6). Esempi di processi di riduzione diretta disponibili commercialmente od in fase di sviluppo sono i processi Midrex, HyL, SL/RN, Fastmet/Fastmelt, Inmetco, ITmk3 e Circofer. Esempi di processi basati sulla *smelting reduction*, in operazione su base commerciale o in fase di sviluppo, sono i processi Corex, Finex, HIs melt, DIOS, AISI e ROMELT.

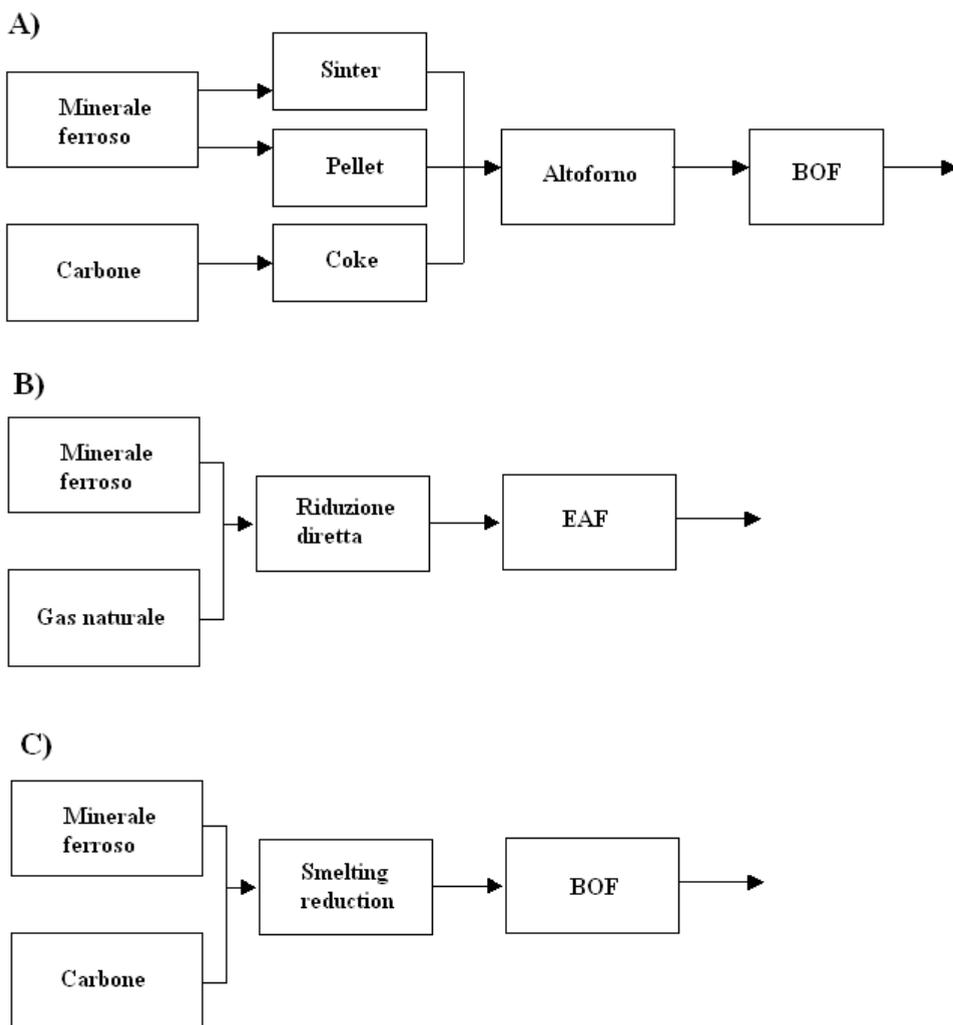
L'industria siderurgica offre molti esempi di ottimizzazione dei processi, risparmio energetico, riciclo. Nei processi siderurgici ci sono molti stadi che richiedono un considerevole apporto di energia (con emissione di CO₂) legati a tre esigenze principali: a) fornire la temperatura sufficiente per le reazioni chimiche e i trattamenti fisici necessari; b) fornire un riducente (principalmente CO) al sistema al fine di ridurre l'ossido di ferro a ferro metallico; c) fornire l'energia e il vapore necessari per il funzionamento dell'acciaieria.

Il consumo medio di energia specifica per l'acciaio prodotto mediante il ciclo integrato (cokeria/impianto di sinterizzazione/altoforno/convertitore a ossigeno) nelle acciaierie europee è attualmente di circa 19,4 GJ di energia primaria per tonnellata di acciaio liquido. Tale quantità di energia è dominata dal carbone in ingresso. Sono inoltre richiesti in media 0,35 GJ di energia elettrica per tonnellata di acciaio liquido. Il consumo specifico di energia elettrica per la produzione di acciaio nei forni elettrici ad arco in Europa è in media di circa 1,8

GJ/t di acciaio liquido. Ciò corrisponde a circa 5,4 GJ di energia primaria per tonnellata di acciaio liquido (moltiplicando il consumo di elettricità per un fattore tre per confrontarlo con l'energia primaria). Inoltre, in media vi è un ingresso di combustibili fossili per circa 0,5 GJ/t acciaio liquido.

La domanda di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra ha determinato l'introduzione di una serie di misure per ridurre il consumo di energia. Nei paesi industrialmente avanzati, la riduzione delle emissioni di CO₂ è sinonimo di riduzione del consumo energetico e quindi questa strada è attivamente seguita dal

Figura 6.6: Schemi di produzione dell'acciaio mediante il ciclo integrato (A), per riduzione diretta (B) e per *smelting reduction*(C). (BOF = *Basic Oxygen Furnace*; EAF = *Electric Arc Furnace*)



settore siderurgico. Negli ultimi 30 anni il fabbisogno energetico specifico è stato ridotto da 23 GJ/t di acciaio liquido a circa 18 GJ/t di acciaio liquido nel 2004 per le moderne acciaierie integrate. La riduzione del consumo energetico e delle emissioni di gas serra sicuramente caratterizzeranno la direzione dello sviluppo dell'industria siderurgica anche nel 21° secolo.

La tabella 6.2 riporta valori tipici delle emissioni di CO₂ per diversi processi produttivi dell'acciaio validi per il Nord America (Geiger G.H., 1998)²²⁶. La sostituzione del ciclo integrato con il processo di riduzione diretta (es. Midrex, Fastmet) aiuta in qualche misura per la riduzione delle emissioni di CO₂, ma non di molto. Il processo di riduzione diretta è anche frenato dalla disponibilità a basso costo di gas naturale e di minerali di ferro o concentrati di grado elevato. Anche la *smelting reduction* (es. Corex) non contribuisce alla riduzione delle emissioni di CO₂, anzi questo processo produce una maggiore quantità di questo gas a effetto serra. Tuttavia, questi processi emergenti e alternativi al classico ciclo integrato presentano numerosi vantaggi ambientali. Innanzitutto utilizzano gas naturale o carbone come agente riducente e quindi non richiedono la produzione di coke metallurgico, eliminando quindi le emissioni legate alla produzione di coke. Con questi processi viene anche eliminata la necessità di un impianto di sinterizzazione, un altro processo fortemente inquinante. L'impatto ambientale di una unità produttiva basata sulla *direct reduction* o sulla *smelting reduction* è pertanto molto limitato e questo rappresenta la "driving force" per l'implementazione di queste tecnologie alternative. La crescente pressione derivante dalle preoccupazioni ambientali contribuisce ad accelerare la diffusione di queste tecnologie emergenti, come evidenziato dalla rapida espansione della capacità mondiale di produzione di acciaio tramite DRI.

Tabella 6.2: Emissioni di CO₂ da diversi processi per la produzione di acciaio

Processo	kg-CO ₂ /t acciaio liquido
Minerale → pellet + coke → BF → BOF (25% rottame)	2010
Minerale → pellet → Corex → BOF	3089
Minerale → pellet → Midrex → EAF	1874
Minerale → carburo di ferro → EAF	1089
(40% minerale → carburo di ferro) + 60% rottame → EAF	982
(50% minerale → Fastmet) + 50% rottame → EAF	1872
100% rottame → EAF	641

Fonte: Geiger G.H., 1998

²²⁶ Geiger G. H., *Proceedings of the International Symposium on global environment and the iron and steel industry*, Beijing, China, pp. 191–196, 1998.

Considerando che in un prossimo futuro l'energia da fonti diverse dai combustibili fossili non sarà disponibile su base industriale, che le tecnologie per il sequestro della CO₂ non saranno economicamente disponibili nei prossimi anni su larga scala e che un sistema basato sulla economia dell'idrogeno, in cui il minerale ferroso potrà essere ridotto dall'idrogeno gassoso, non sarà concretizzato a breve termine, appare evidente che nel prossimo futuro l'industria siderurgica dovrà continuare a basarsi essenzialmente sul consumo di combustibili fossili (anche l'energia elettrica utilizzata nei forni ad arco spesso è ottenuta da combustibili fossili). Inoltre, il ciclo integrato e il ciclo del forno elettrico ad arco continueranno ad essere i principali processi per la produzione di acciaio negli anni a venire. Appare quindi indispensabile mettere in atto tutte le misure per ridurre il consumo energetico, e quindi le emissioni di CO₂, modificando e integrando le tecnologie attualmente disponibili.

L'industria siderurgica è stata sempre caratterizzata da miglioramenti progressivi piuttosto che da cambiamenti radicali derivanti dall'adozione di nuovi processi o di nuove tecnologie. Questo perché l'industria siderurgica è anche ad elevata intensità di capitale e l'introduzione di processi innovativi nel settore non è tipicamente a basso costo. Tuttavia, il progressivo miglioramento può portare a risultati molto significativi nel lungo termine anche se, quando un processo od una tecnologia raggiungono i propri limiti, anche il loro miglioramento continuo raggiunge i suoi limiti. Un esempio è rappresentato dalla diminuzione del consumo energetico nel ciclo integrato per la produzione dell'acciaio. La riduzione del minerale di ferro a ferro metallico contribuisce per circa i $\frac{3}{4}$ del consumo totale di energia richiesto per la produzione di acciaio e quindi del totale delle emissioni di CO₂. Notevoli sforzi sono stati compiuti per ridurre la domanda di agente riducente a valori prossimi alla richiesta stechiometrica minima. Come risultato dei miglioramenti tecnologici sistematici, gli altiforni nell'UE-15 attualmente consumano in media circa 490 kg di carbonio (proveniente da coke, fossile, idrocarburi) per tonnellata di acciaio. I più moderni impianti siderurgici europei stanno operando al limite di ciò che è imposto dalle leggi chimico-fisiche e che oggi è tecnicamente possibile. Ciò significa che i miglioramenti ancora conseguibili a breve termine con le tecnologie esistenti possono produrre solo effetti marginali sulle emissioni di CO₂ e che la riduzione delle emissioni di CO₂ non è possibile senza un radicale cambiamento tecnologico.

Il progetto ULCOS (*Ultra-Low Carbon dioxide - CO₂ - Steelmaking*), partito nel 2004, è condotto da un consorzio di 48 aziende e organizzazioni di 15 paesi europei che hanno lanciato una iniziativa di ricerca e sviluppo per conseguire una drastica riduzione delle emissioni di CO₂ derivanti dalla produzione di acciaio. Il consorzio è costituito da tutte le maggiori società siderurgiche dell'UE, da partner nei settori energetico e ingegneristico, da istituti di ricerca e università ed è sostenuto dalla Commissione Europea. L'obiettivo del programma ULCOS è quello di ridurre le emissioni di CO₂ dai migliori impianti siderurgici di almeno il 50%. È un progetto articolato su vari fronti: rivisitazione completa della tecnologia d'altoforno per ridurre il consumo di carbonio del 30% (riducendolo a 300 kg/ton

acciaio), sviluppo della tecnologia della cattura e sequestro della CO₂, sviluppo parallelo di tecnologie alternative rispetto all'altoforno (utilizzo di metano, idrogeno, biomasse, energia elettrica proveniente da fonte nucleare).

Il progetto ULCOS (www.ulcos.org) ha già individuato possibili strade da percorrere per ridurre le emissioni di CO₂ nel ciclo integrale, e nella siderurgia in generale, che consentiranno anche significativi risparmi energetici. L'esplorazione pratica di alcune delle tecnologie esaminate costituirà il tema della nuova fase del progetto, ULCOS II, che si svilupperà nel periodo 2010-2015. I risultati di ULCOS II potranno potenzialmente essere implementati in impianti di produzione con applicazioni su scala industriale tra circa 15 o 20 anni.

Il classico processo in una acciaieria integrata è di gran lunga il più complesso e si svolge in grandi aggregati industriali che si estendono su aree di diversi chilometri quadrati. Le acciaierie integrate sono caratterizzate da reti di flussi di materiale e di energia interdipendenti tra le varie unità produttive.

In un'acciaieria integrata, l'altoforno è l'unità operativa centrale dove avviene la riduzione degli ossidi di ferro dei minerali a ferro liquido. Un moderno altoforno ad alte prestazioni richiede una preparazione fisica e metallurgica del carico di minerale ferroso. Questa viene generalmente effettuata negli impianti di sinterizzazione, dove polveri fini di minerale, residui solidi contenenti ferro, polvere di coke e additivi vengono miscelati e riscaldati ad alta temperatura (1300-1480 °C) per formare un prodotto, detto *sinter*, che può essere caricato nell'altoforno. L'inquinamento atmosferico rimane una questione rilevante per gli impianti di sinterizzazione. Le emissioni gassose provenienti dall'impianto di sinterizzazione dominano le emissioni complessive per la maggior parte degli inquinanti atmosferici, seguita dalle cokerie. Le emissioni gassose derivanti dal processo di sinterizzazione contengono PM, metalli (principalmente Fe, ma anche altri metalli, specialmente Pb), cloruri alcalini, SO_x, NO_x, HCl, HF, idrocarburi, CO e anche significative quantità di IPA e composti organo-alogenati come diossine e PCB.

Il processo di sinterizzazione dei minerali di ferro consente la conservazione delle risorse permettendo l'utilizzo di minerali di ferro di minore qualità (meno costosi) e massimizzando il riciclo di residui e sottoprodotti contenenti quantità significative di ferro o carbone (es. scaglie di laminazione, polveri e fanghi, inclusi quelli derivanti dagli impianti di abbattimento fumi). Tuttavia, il riciclo di certi residui può avere l'effetto di aumentare le emissioni di alcuni inquinanti (metalli volatili, cloruri, PAH, idrocarburi, diossine ecc.) e quindi può risultare necessaria la loro selezione o il pretrattamento prima del riciclo nell'impianto di sinterizzazione. Ad esempio, la tabella 6.3 riporta i requisiti legali adottati in Olanda per il riciclo di residui e sottoprodotti di acciaieria in un impianto di sinterizzazione.

Il parziale ricircolo verso il letto di sinterizzazione dei gas emessi durante il processo, nelle sue diverse varianti (EOS, LEEP, EPOSINT, *Selective Recycling Technique*), è una tecnica che permette di trasferire il calore dei gas direttamente

al letto di sinterizzazione oltre a ridurre le emissioni di una serie di inquinanti (PM, NO_x, SO_x, CO, PCDD/F). Questo è attualmente l'unico metodo pratico per il recupero del calore contenuto nel flusso principale dei gas esausti emessi da un letto di sinterizzazione. Il calore sensibile dell'aria calda (500 °C) proveniente dal sistema di raffreddamento del sinterizzato può essere invece recuperato per la generazione di vapore in una caldaia, per la produzione di acqua calda, per il preriscaldamento dell'aria di combustione necessaria al processo di sinterizzazione o per il preriscaldamento della miscela delle materie prime da sottoporre a sinterizzazione.

Tabella 6.3: Criteri per il riciclo dei residui in un impianto di sinterizzazione adottati in Olanda

Parametro	Valore	Unità
Fe + Al ₂ O ₃ +CaO+C+SiO ₂ +Mg	≥ 20	Peso, %
Olio	≤ 0,1	Peso, %
PCDD/F	≤ 0,001	mg/kg
Hg	≤ 10	mg/kg
Cd	≤ 100	mg/kg
As	≤ 1000	mg/kg
Ni	≤ 1000	mg/kg
Pb	≤ 5000	mg/kg

Fonte: EC, 2009

Una delle più importanti misure integrate nel processo per ridurre le emissioni da un impianto di sinterizzazione è rappresentata da una manutenzione programmata e attuata con cura per garantire che l'impianto sia operativo in continuo e senza interruzioni significative della produzione. Interruzioni non pianificate si traducono infatti in una perturbazione del fronte di fiamma attraverso il letto di sinterizzazione con un effetto negativo sulla produzione di polveri e di composti organici come le diossine. Infine le emissioni in atmosfera possono essere controllate adottando appropriate tecnologie di abbattimento (filtri elettrostatici, filtri a maniche, filtri metallici, iniezione di carbone attivo nel flusso gassoso, *wet scrubbers* ad alte prestazioni, riduzione catalitica selettiva, filtri a carbone attivo di tipo rigenerativo).

L'altro componente necessario per la produzione di acciaio nel ciclo integrato è il coke, il principale agente riducente nell'altoforno. Il coke metallurgico viene prodotto in speciali batterie di forni riscaldando ad alta temperatura (1000-1100 °C) carbone bituminoso con le adatte proprietà plastiche in assenza di

ossigeno. Il processo produce anche numerosi sottoprodotti solidi, liquidi e gassosi.

Negli ultimi anni, gli sviluppi del processo di produzione del coke sono stati principalmente mirati a ridurre le emissioni e a migliorare le condizioni di lavoro degli operatori. La durata dei forni di cokeria è stata inoltre considerevolmente prolungata dai progressi nelle tecnologie per la fabbricazione e la manutenzione dei refrattari. Le cokerie attuali presentano dei limiti notevoli per quanto riguarda la produzione e le emissioni di inquinanti. Gli sviluppi tecnologici per diminuire le emissioni dagli impianti esistenti sono comunque sempre in progresso e attualmente sono in operazione o in fase di sviluppo nuovi impianti con emissioni inferiori e/o una maggiore efficienza energetica. Il raffreddamento a secco del coke è una tecnologia matura, anche se in Europa rimane economicamente non sostenibile. I forni senza recupero, nei quali tutti i sottoprodotti gassosi sono combusti durante il processo all'interno delle camere dei forni, sono largamente utilizzati negli USA. Sviluppi sono attesi da approcci come il Single Chamber System (conosciuto anche come *Jumbo Coke Oven*) in Germania e l'impianto SCOPE21 (*Super Coke Oven for Productivity and Environment for the 21st Century*) in Giappone. Secondo quanto dichiarato dal fornitore, il primo modello commerciale SCOPE21, installato nel 2008 all'Oita Works della Nippon Steel Corporation, permette un uso più efficace della risorsa "carbone" potendo utilizzare fino al 50% di carbone non-cokificante, una riduzione del 21% nel consumo di energia con una riduzione di 400.000 tonnellate di CO₂ all'anno, una riduzione del 30% delle emissioni di NO_x e l'assenza di fumo e polveri.

La sostituzione parziale del coke nell'altoforno con olio combustibile e carbone in polvere ha svolto un ruolo importante nel ridurre i costi energetici (il coke è generalmente il materiale più costoso nella carica dell'altoforno). L'iniezione di carbone nell'altoforno (*Pulverized Coal Injection, PCI*) ha anche un effetto positivo sull'ambiente in quanto il minore consumo di coke si traduce in una riduzione delle emissioni dagli impianti di cokeria. Purtroppo, il coke può essere sostituito solo in parte dal carbone. Tuttavia, le tecnologie emergenti che utilizzano il gas naturale od il carbone come combustibile/agente riducente al posto del coke (*Direct Reduction, Smelting Reduction*) sono in fase di diffusione o di sviluppo. Si prevede che entro i prossimi 25-50 anni queste nuove tecnologie prenderanno il ruolo che oggi ha l'altoforno. Questo sviluppo tecnologico renderebbe superfluo il coke e quindi renderebbe obsoleti gli impianti di cokeria.

Per quanto riguarda l'altoforno, notevoli progressi sono stati raggiunti nel prolungarne la vita (più di 20 anni), e aumentando la quantità di carbone in polvere iniettata, oggi stabilizzata intorno ai 200 kg/t di metallo liquido. L'iniezione di altri agenti riducenti ausiliari (gas naturale, oli esausti, materie plastiche, biomasse, ecc.) nelle tubiere di un altoforno è una pratica molto comune. In alcuni paesi ci sono ostacoli legislativi per l'iniezione nell'altoforno di residui come le materie plastiche. Ulteriori sviluppi della tecnologia dell'altoforno potrebbero essere rappresentati dall'uso di ossigeno al posto dell'aria (per aumentare la concentrazione di CO e la produttività dell'altoforno e promuovere

un uso maggiore di minerali più fini), dall'operazione dell'altoforno sotto alta pressione oppure a temperature più elevate rispetto a quelle attuali (una temperatura più alta, ottenuta mediante una torcia al plasma, permetterebbe di ridurre significativamente la quantità di coke necessaria per la produzione di ferro liquido). Queste tecnologie sono attualmente allo stadio di impianto pilota.

Infine, per quanto riguarda la conversione della ghisa di altoforno in acciaio, il classico convertitore a ossigeno in combinazione con il pre-trattamento del metallo caldo (HMP, *hot-metal pretreatment*) e della raffinazione in siviera (LR, *ladle refining*) hanno dimostrato di essere tecnologie "provate" per far fronte alla crescente domanda qualitativa dei prodotti. Gli sviluppi della tecnologia sono orientati ad una migliore utilizzazione dei componenti, alla minimizzazione delle perdite di calore, alla minimizzazione della quantità di scoria prodotta, all'aumento della produttività ottimizzando il coordinamento del convertitore con l'altoforno e con la colata continua, all'ottimizzazione dei tempi di processo e di spillaggio e all'aumento del tempo di vita minimizzando il consumo di refrattari e la manutenzione.

La fase finale del ciclo di produzione dell'acciaio consiste nella trasformazione dell'acciaio liquido in un prodotto solido semilavorato, detta bramma, billetta o blumo a seconda della forma e delle dimensioni, al quale fanno seguito processi di laminazione a caldo e a freddo per l'ottenimento del prodotto finale. La colata continua, un altro sviluppo del periodo post-bellico, offre il vantaggio di produrre un acciaio più omogeneo e di elevata qualità a un costo inferiore rispetto alla colata discontinua in lingottiera, garantendo nel contempo fluidità e continuità al processo. La produzione di acciaio mediante colata continua si è stabilizzata negli anni 90 a valori prossimi al 100%. Oggi, la produzione di acciaio per colata in lingotti si limita a lingotti di acciaio da forgiare e acciai speciali, come gli acciai per utensili o di elevatissima qualità (per esempio, acciai per cuscinetti).

Nel tradizionale processo di laminazione a caldo, la bramma viene riscaldata nel forno di riscaldamento per rendere il materiale più facilmente deformabile e lavorabile dai cilindri del laminatoio e per garantire che la laminazione avvenga alla giusta temperatura. Nel cosiddetto forno a spinta, ciascuna bramma introdotta spinge la precedente, in modo che all'inforamento di una bramma fredda corrisponda lo sfornamento di una calda. Il primo passo nel miglioramento del processo di laminazione dal punto di vista energetico e di ottimizzazione è stato l'introduzione a caldo delle bramme nel forno di riscaldamento. A partire dagli anni 90, sono emerse nuove tecnologie di processo miranti a connettere direttamente la colata continua con il processo di laminazione (*Thin Slab Casting, Thin Strip Casting, Direct Strip Casting*) in modo da ottenere semilavorati di dimensioni più prossime a quelle del prodotto finale (*Near-net-shape-casting technology*). Questa innovazione fondamentale mira ad accorciare la catena di processi tra la colata dell'acciaio liquido e il prodotto finale, competendo con i tradizionali sistemi di laminazione a caldo. Il principale vantaggio di queste tecnologie ormai mature, oltre all'aumento di produttività, è rappresentato da un notevole risparmio di energia (tabella 6.4).

Tabella 6.4: Consumi energetici per differenti sistemi di colata continua e laminazione

Sistema	Energia (GJ/t acciaio)	kg-CO ₂ /t acciaio
Colata continua (slab caster) + laminazione a caldo + laminazione a freddo	4,2	330
Thin slab caster + laminazione a caldo + laminazione a freddo	3,5	270
Thin strip caster + laminazione a freddo	1,8	160

Fonte: Blejde et al., 1999

La laminazione in continuo in bramme sottili è diventata una tecnologia consolidata, soprattutto grazie agli sviluppi delle tecnologie di controllo elettronico del processo che regolano la velocità di avanzamento del nastro di acciaio. A causa della limitata produttività, non può ancora essere considerata una tecnologia trainante. Tuttavia fornisce, soprattutto alle mini-acciaierie, un grosso vantaggio nella produzione di piccoli lotti di prodotti "flat" con un ridotto investimento iniziale e un ridotto consumo energetico, e quindi un tempo ridotto per il ritorno del capitale, senza la necessità di investire in pesanti strutture di laminazione a caldo. Un possibile sviluppo della tecnologia potrebbe essere la laminazione a caldo in atmosfera inerte che dovrebbe contribuire notevolmente a ridurre la formazione di scaglie di laminazione (ossidi di ferro), riducendo quindi la formazione di questo residuo e magari eliminando la successiva operazione di decapaggio.

L'ottimizzazione del flusso di materia e del bilancio energetico in una acciaieria integrata è stata conseguita realizzando una attenta gestione e valorizzazione dei residui e dei sottoprodotti e un uso attento delle risorse energetiche e delle risorse idriche. L'interconnessione tra le singole unità produttive (cokeria, impianto di sinterizzazione, altoforno, convertitore a ossigeno, colata continua, treno di laminazione) non riguarda soltanto il flusso di produzione dell'acciaio ma anche i flussi di residui, energia e acqua. Questa stretta interconnessione ha la funzione di ottimizzare la gestione delle risorse, aumentare la produttività, ridurre i costi e minimizzare le emissioni.

L'interdipendenza energetica tra i singoli processi in una acciaieria integrata può essere molto complessa. I principali combustibili in ingresso sono rappresentati da carbone, gas naturale, olio combustibile e coke (quest'ultimo se acquistato da un fornitore esterno). I gas di cokeria, di altoforno e del convertitore a ossigeno contengono un elevato valore calorifico che viene normalmente sfruttato per minimizzare l'ingresso di sorgenti esterne di energia nel sistema e quindi ottimizzare il consumo specifico di energia. Questi gas vengono quindi raccolti, depurati e immessi nella rete di distribuzione interna per essere utilizzati come combustibili nei vari processi produttivi oppure utilizzati per la produzione di

energia elettrica e/o vapore in centrali termoelettriche e/o a turbogas interni all'impianto siderurgico. La qualità e il volume dei diversi gas di processo varia notevolmente e questi fattori determinano dove questi combustibili possono essere efficacemente utilizzati.

L'ottimizzazione dei consumi energetici, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'introduzione di tecnologie per il risparmio energetico costituiscono i temi fondamentali per l'attuazione di un sistema complessivo di gestione dell'energia nei processi di fabbricazione dell'acciaio, comunque basato su di una efficiente distribuzione di utilizzo tra i gas di processo e i combustibili acquistati. L'applicazione delle suddette tecniche di gestione energetica nel settore siderurgico consente una riduzione della domanda specifica di energia, una riduzione dei costi e una riduzione delle emissioni di CO₂ e di altri inquinanti.

Il processo integrato di produzione dell'acciaio produce quantità significative di una vasta gamma di residui e sottoprodotti tra cui scorie di altoforno e scorie di acciaieria, polveri e fanghi dagli impianti di abbattimento delle emissioni gassose, solfato di ammonio, zolfo o acido solforico dall'impianto di desolfurazione dei gas di cokeria, catrame di coke, pece di coke e benzene dall'impianto sottoprodotti di cokeria e altri materiali come gli scarti di produzione. Alcuni di questi materiali sono valorizzati e utilizzati come materie prime in altri settori. Altri, come le polveri contenenti ferro e/o carbone raccolte agli impianti di abbattimento fumi e le scaglie di laminazione, sono riutilizzati all'interno dell'acciaieria. Di conseguenza, una quota relativamente piccola dei residui totali necessita di smaltimento. Inoltre, le acciaierie integrate ricevono residui e rifiuti da altri impianti e settori. La figura 6.7 mostra un tipico esempio di gestione dei residui e dei sottoprodotti in un acciaieria integrata. In Italia, circa l'85% dei rifiuti prodotti complessivamente dall'industria siderurgica a ciclo integrato è stata avviata a operazioni di recupero nel 2009. Si tenga presente che questa statistica copre esclusivamente ciò che è classificato come "rifiuto" (con relativa assegnazione di codice CER) ma non comprende i recuperi interni e i sottoprodotti (Federacciai, 2009)²²⁷.

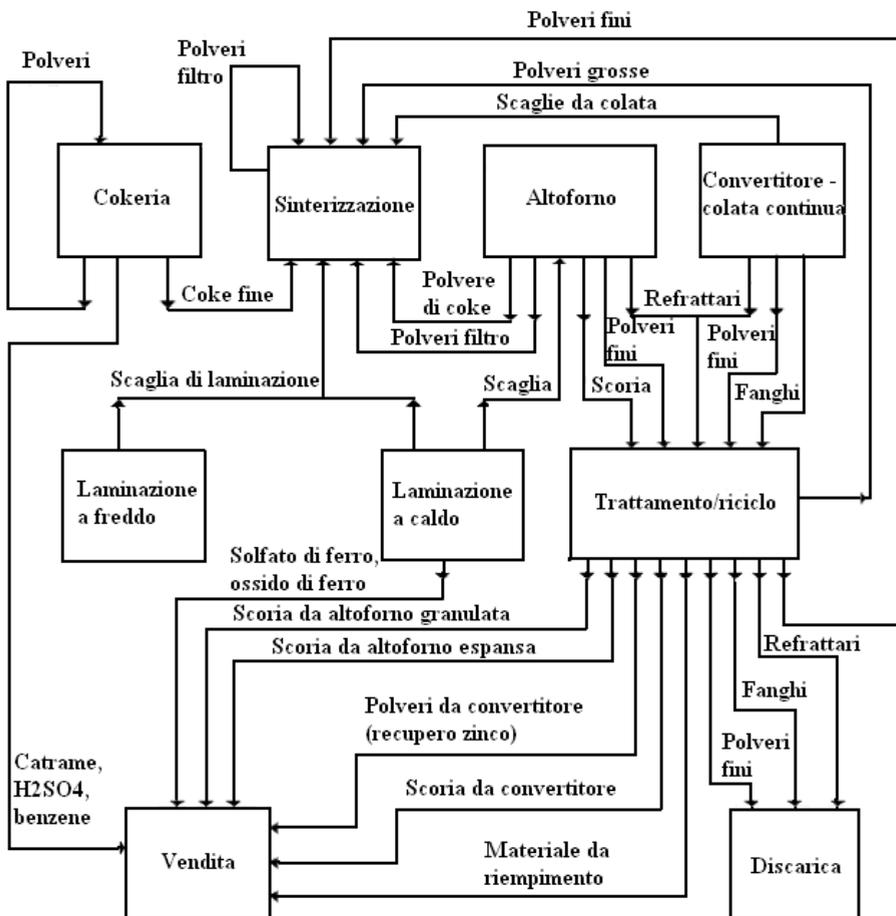
L'identificazione e la raccolta separata delle varie categorie di residui (es. per composizione chimica, dimensioni delle particelle, contenuto di olio ecc.) è una condizione preliminare necessaria per la loro corretta riutilizzazione all'interno dell'impianto senza effetti negativi in termini di efficienza produttiva, qualità del prodotto e protezione dell'ambiente. Le frazioni più fini contenenti quantità significative di ferro e/o carbone (polveri, fanghi, scaglie di laminazione ecc.) sono generalmente riciclate nell'impianto di sinterizzazione mentre le frazioni di dimensioni maggiori sono più spesso riciclate nell'altoforno o nel convertitore a ossigeno. Spesso, per potere riciclare certe frazioni nell'altoforno o nel convertitore, queste frazioni sono spesso trasformate in bricchette, per rendere più agevole la

²²⁷ Federacciai, *Rapporto ambientale 2009, Gestione dei residui*, pp. 62-65, Federacciai, 2009 - Federazione Imprese Siderurgiche Italiane (<http://www.federacciai.it>).

loro manipolazione rispetto al materiale incoerente di partenza. Tuttavia, la presenza di elevate concentrazioni di composti indesiderati come metalli alcalini, metalli pesanti e olio minerale limita le possibilità di riciclo di questi residui. In particolare, il riciclo nell'impianto di sinterizzazione di alcune tipologie di residui porta a elevate emissioni di inquinanti atmosferici, incluse le diossine.

Tra i principali residui del processo di produzione dell'acciaio meritano particolare considerazione le scorie siderurgiche. La scoria derivante dal processo d'altoforno è oggi riconosciuta a tutti gli effetti come "sottoprodotto" ed è un materiale inerte che, una volta granulato, ha caratteristiche tali da renderlo ideale

Figura 6.7: Schema semplificato del flusso dei residui, dei sottoprodotti e dei rifiuti in una acciaieria a ciclo integrato



Fonte: EC, 2009

come materia prima per la produzione di cemento. Il suo impiego nei cementifici porta a un duplice vantaggio, sia in termini di risparmio di risorse vergini di cava, sia in termini di riduzione delle emissioni di CO₂, poiché il suo utilizzo consente un significativo risparmio energetico nel processo di produzione del cemento.

Le percentuali di riutilizzo e riciclo dei sottoprodotti dell'industria siderurgica hanno subito un notevole incremento nel recente passato, tuttavia i margini di miglioramento sono ancora molto ampi. Quanto non riciclabile, ad esempio le polveri fini raccolte nell'impianto di trattamento del gas d'altoforno, le polveri fini raccolte negli impianti di trattamento dei fumi di acciaieria e, in alcuni casi, i cloruri alcalini e i cloruri di metalli pesanti presenti nell'ultimo stadio dei precipitatori elettrostatici che trattano i fumi dell'impianto di sinterizzazione, insieme ai rifiuti derivanti da attività di manutenzione quali i refrattari non riciclabili, sono indirizzati allo smaltimento in discarica. Molte acciaierie integrate hanno una propria discarica interna oppure si affidano a discariche esterne. In ogni caso, il sito deve essere autorizzato per accogliere i particolari rifiuti prodotti dall'impianto siderurgico.

In un'acciaieria a ciclo integrato, l'acqua viene utilizzata per il raffreddamento diretto e indiretto e per le operazioni di lavaggio, compresa la depurazione dei gas di scarico mediante *scrubbers* ad umido. Ci possono essere diversi circuiti idrici in esercizio: completamente chiusi, semi chiusi o aperti, e possono avere diversi schemi. La gestione dell'acqua in un'acciaieria a ciclo integrato dipende soprattutto dalle condizioni locali, soprattutto dalla disponibilità e qualità delle acque dolci e dai requisiti di legge. Con una disponibilità illimitata di acqua dolce, il consumo specifico di acqua potrebbe essere superiore ai 100-200 m³/t di acciaio. Questo grosso consumo di acqua potrebbe essere possibile per impianti vicino a grandi corpi idrici, ad esempio grandi fiumi. Il fattore trainante per la riduzione dei consumi idrici è rappresentato dai costi, in particolare il costo per il trattamento delle acque reflue e il costo per lo scarico delle acque. Un altro fattore di costo è rappresentato dalla eventuale necessità di sottoporre l'acqua prelevata dai corpi idrici a processi di trattamento prima di poterla utilizzare per molte applicazioni, a seconda della sua qualità. Inoltre il pompaggio di grossi flussi idrici richiede grandi quantità di energia elettrica. Per queste ragioni il consumo di acqua è stato costantemente ridotto negli ultimi 30 anni. Il continuo ammodernamento degli stabilimenti, con il ricorso ai più moderni ed efficienti sistemi di raffreddamento, che prevedono, tra l'altro, l'impiego di impianti di ricircolo e l'uso di sistemi di raffreddamento in cascata, ha portato negli anni ad una costante diminuzione dei consumi di acqua. Il tasso di ricircolo dell'acqua in una moderna acciaieria a ciclo integrato è spesso del 97-98%. In questi casi, il consumo specifico di acqua è meno di 5 m³/t di acciaio.

Il ciclo del forno elettrico ad arco partendo da rottame ferroso permette il minimo consumo energetico e la minore emissione di CO₂ durante la produzione di acciaio. Inoltre il riciclo del rottame ferroso permette un notevole risparmio di risorse naturali (minerale di ferro, carbone, calcare, ecc.) oltre ad evitare le emissioni di inquinanti legate alla produzione primaria di acciaio. Nei paesi in cui

l'accumulo di acciaio ha superato circa 6 tonnellate pro capite, il riciclo dei rottami ferrosi avviene ad una velocità notevole, spingendo la produzione di acciaio grezzo via rottame/EAF fino a circa il 40% del totale.

Il riciclo di rottame ferroso nuovo e degli scarti di produzione non causa particolari problemi in quanto origini e caratteristiche del materiale riciclato sono ben definite. È il rottame obsoleto, raccolto alla fine del ciclo di vita degli oggetti immessi sul mercato, a causare problemi di riciclo. Uno dei problemi più importanti è rappresentato dai livelli di elementi estranei (es. Cu, Sn, Zn, Cr, Ni, Mo) nel rottame di raccolta. Sono stati fatti molti sforzi per trovare tecnologie idonee a rimuovere questi elementi estranei ma con risultati non completamente soddisfacenti. Attualmente, solo lo Zn viene recuperato su base industriale. Per questi motivi, il rottame di raccolta viene spesso utilizzato insieme ad una fonte di ferro vergine per diluire gli elementi non desiderati (se economicamente conveniente) oppure utilizzato per la produzione di acciaio a basso grado.

Il secondo problema connesso al riciclo del rottame ferroso di raccolta è che questo rottame è spesso contaminato con plastiche, vernici, gessi e altro materiale organico. La combustione di questi contaminanti porta alla formazione non desiderata di inquinanti organici persistenti, in particolare diossine. Nei paesi industrializzati, i forni elettrici ad arco utilizzati per la produzione di acciaio secondario rappresentano spesso la più importante fonte di questi inquinanti di importanza globale. Il controllo delle emissioni di questi inquinanti richiede l'applicazione di misure tecnologiche di processo (es. post-combustione ad alta temperatura dei gas prodotti seguita da un loro rapido raffreddamento) e l'installazione di sofisticate tecnologie di abbattimento degli inquinanti (*end of pipe*).

Negli ultimi anni sono stati fatti sostanziali progressi per migliorare la produttività, i consumi energetici e ridurre le emissioni di inquinanti durante la produzione di acciaio con il ciclo del forno elettrico ad arco. Questi includono l'aumento delle dimensioni del forno (tipicamente 130-150 tonnellate fino a più di 200), l'aumento della potenza elettrica immessa mediante l'impiego di trasformatori UHP (*Ultra-High Power*), l'installazione di pannelli raffreddati ad acqua sulle pareti e sul tetto del forno per sostenere le operazioni ad elevata potenza, l'incremento nell'utilizzo di energia da combustibili fossili (carbone, olio combustibile, gas naturale) per integrare l'energia elettrica mediante l'uso di bruciatori ausiliari (fino al 30% dell'input energetico totale nel forno può essere fornito da combustibili fossili), l'uso sistematico della tecnica "*slag foaming*" per migliorare la resa energetica della fusione, l'implementazione di tecnologie di post-combustione nel forno per il recupero dell'energia mediante ossidazione a CO₂ del CO formato nella combustione dei combustibili fossili, il miglioramento dell'efficienza di trasferimento del calore, la riduzione dell'ingresso di aria nel forno mediante tecnologie più efficienti per la chiusura ermetica del forno, l'introduzione di tecnologie per l'agitazione della massa fusa per raggiungere più velocemente l'equilibrio tra l'acciaio fuso e la scoria, l'introduzione della tecnologia di spillaggio dell'acciaio mediante foro sul fondo del forno (EBT,

Eccentric Bottom Tapping) per ridurre i tempi di operazione ed evitare il fenomeno di “carry over” della scoria nella siviera dell'acciaio, l'introduzione di diversi modi di preriscaldamento del rottame e di carica continua del rottame con post-combustione (*Shaft Furnace*, tecnologia *Consteel*), alimentazione del forno con corrente continua (DC-EAF) in sostituzione dell'alimentazione con corrente alternata (AC-EAF) con conseguente riduzione del consumo di energia e degli elettrodi, e tante altre. In conseguenza di questi sviluppi, all'inizio di questo millennio i moderni EAF presentavano una produttività media di 94 t/h con un consumo energetico medio di 392 kWh/t di acciaio, un consumo di elettrodi di grafite pari a 1,9 kg/t acciaio e un consumo di materiale refrattario di 3,1 kg/t di acciaio. Solo dieci anni prima i valori corrispondenti erano una produttività media di 61 t/h con un consumo energetico medio di 450 kWh/t, 2,9 kg/t di elettrodi di grafite e 6,9 kg/t di materiale refrattario.

Dal punto di vista del risparmio energetico, i metodi alternativi di carica del forno che prevedono il caricamento in continuo con rottame preriscaldato (*Consteel*) oppure il caricamento discontinuo del rottame preriscaldato (*Shaft Furnace*) sono particolarmente attraenti in quanto permettono di utilizzare il calore latente dei fumi che attraversano il rottame prima di essere inviati all'impianto di abbattimento fumi. Tuttavia, queste tecnologie sono da valutare con cautela in quanto il preriscaldamento del rottame ferroso può portare alla combustione del materiale organico eventualmente presente come contaminante (vernici, plastiche, oli, grassi ecc.) con conseguente formazione di inquinanti organici comprese le diossine. Pertanto queste tecnologie devono sempre essere adottate insieme a misure primarie (es. post-combustione dei fumi e quenching) o secondarie (appropriate tecniche di trattamento e abbattimento dei fumi) per il controllo di queste emissioni.

I principali residui e sottoprodotti del ciclo di produzione dell'acciaio con il forno elettrico ad arco sono rappresentati dalle polveri (10-30 kg/t di acciaio), dalle scorie del forno (60-260 kg/t di acciaio), dalle scorie dei processi di metallurgia secondaria (10-80 kg/t acciaio) e dai refrattari esausti (2-22 kg/t acciaio). L'elevato tenore di zinco (19% in media) e, negli acciai speciali, di nickel e cromo, elementi con un certo valore commerciale, ha reso conveniente l'uso di queste polveri come materie prime seconde. Il processo di recupero dello zinco dalle polveri di acciaieria si basa generalmente sul processo pirometallurgico del forno Waelz. Generalmente, le acciaierie devono pagare per il trattamento delle proprie polveri anche se ad un costo inferiore rispetto al conferimento in discarica. Il riciclo dello zinco non è ancora comunemente percepito come uno dei “*core business*” dell'industria siderurgica. L'altro importante residuo, la scoria, ha ancora limitate applicazioni (uso nell'ingegneria civile, incorporazione in tipi speciali di cemento) e di accettabilità ancora in corso di sviluppo e in gran parte viene inviata allo smaltimento in discarica.

Le emissioni, in particolare quelle in atmosfera, rappresentano un altro problema ancora non completamente risolto. Gli inquinanti più importanti sono i metalli pesanti e i composti organici, incluse le diossine. Le soluzioni adottate per questo

problema sono in genere mutate da quelle già implementate per gli inceneritori ma potrebbero essere ricercate soluzioni specifiche e originali sviluppate per l'industria siderurgica. In quest'area, uno degli aspetti più interessanti è rappresentato dal criterio di "pulizia" del rottame caricato nel forno elettrico, limitando la quantità di materiali estranei, in particolare materiali organici.

Il riciclo è un problema complesso e il riciclo di materiali come il ferro e l'acciaio è ancora più complicato in quanto può richiedere separazioni a livello chimico o metallurgico. Il recupero dei rottami ferrosi è oggi un'attività economicamente redditizia nei paesi con una lunga tradizione industriale. In generale, il settore del riciclo dei metalli e dell'acciaio in particolare ha una struttura piramidale, con molte piccole imprese alla base che alimentano poche grosse multinazionali poste al vertice. In Europa, all'incirca il 75% del rottame ferroso obsoleto che viene generato ogni anno alla fine del ciclo di vita dei beni immessi in commercio viene raccolto e riciclato. A livello globale, quasi il 40% dell'acciaio viene attualmente prodotto da rottame. Questi dati permettono di qualificare l'acciaio come il materiale più riciclato in termini percentuali e di volume.

Il riciclo dell'acciaio offre diversi vantaggi che vale la pena sottolineare. Esso mette a disposizione una risorsa rinnovabile di ferro, un concetto per le materie prime che è simile a quello delle energie rinnovabili. Se la risorsa "rottame" è correttamente gestita al fine di evitare un irreversibile accumulo di elementi estranei, il riciclo può avvenire un numero indefinito di volte. Il riciclo dell'acciaio è quindi sostenibile, nel vero senso del termine. Il riciclo del rottame ferroso è anche il modo migliore e più ragionevole per rispondere alla domanda di riduzione delle emissioni di gas serra dall'industria siderurgica. Infine, è un fattore trainante per l'innovazione. Il principale strumento utilizzato per il riciclo del rottame ferroso è il forno elettrico ad arco e un maggiore riciclo dell'acciaio provocherà una forte evoluzione della sua tecnologia. A differenza del convertitore a ossigeno, che ha raggiunto la piena maturità negli anni 80, l'EAF ha ancora un forte potenziale di sviluppo.

Il riciclo dell'acciaio in operazioni su larga scala, come ad esempio il recupero dei metalli dai veicoli a fine vita, richiede diverse fasi. Nei centri di demolizione i veicoli vengono sottoposti a trattamento di bonifica per la rimozione e la raccolta dei materiali pericolosi (accumulatori, *airbag*, condensatori contenenti PCB, oli, carburanti e altri liquidi), di recupero delle parti destinate al reimpiego (riuso come ricambi usati) e di rimozione dei componenti in plastica, in vetro e pneumatici.

Le carcasse vengono quindi pressate e avviate agli impianti di frantumazione (*shredders*) che provvedono a ridurre in frammenti le carcasse servendosi di grandi mulini a martelli e a selezionare mediante separazione magnetica o manuale (attività ad alta intensità di lavoro) la frazione ferrosa dalle diverse frazioni. Un'ulteriore separazione viene effettuata con diverse tecniche (classificazione con aria in pressione, flottazione) per estrarre frazioni di materiali che possono essere usati come materie secondarie.

La separazione dei metalli non ferrosi viene effettuata con un separatore a “correnti indotte” o ECS (*Eddy Current System*). Nelle componenti metalliche non ferrose, esposte a un campo magnetico ad alte frequenze, si crea un campo magnetico che si oppone alla causa che l’ha generato. La forza di repulsione tende ad allontanarli dal resto del materiale e a farli cadere seguendo una traiettoria differente. È possibile quindi raccogliere mediante appositi deviatori.

Ogni anno in Europa vengono rottamati circa 12 milioni di veicoli. In Italia la cifra supera 1,4 milioni. Questi veicoli fuori uso sono raccolti e trattati nei 1388 impianti di trattamento e 29 impianti di frantumazione operativi in Italia. Il quantitativo di rifiuti in ingresso a tali impianti ammonta a circa 2 milioni di tonnellate di cui circa il 60% (1,2 milioni di tonnellate) è costituito da rottami provenienti dalla demolizione di autoveicoli (ISPRA, 2008)²²⁸.

La Direttiva Europea 2000/53/CE (EC, 2000)²²⁹ si occupa di disciplinare la gestione dei veicoli fuori uso e di massimizzare i benefici ambientali, imponendo una serie di vincoli sia sulla fase di progettazione dei veicoli che sulla fase di gestione del fine vita. La progettazione e costruzione di veicoli che siano facili da riutilizzare e riciclare rende possibile risolvere alcuni problemi relativi al riciclo della componente metallica, ad esempio potrebbe aiutare a risolvere il problema della contaminazione reciproca tra le diverse frazioni metalliche che causa il deterioramento delle capacità di riciclo dei rottami ferrosi.

Per esempio, la contaminazione del rottame di acciaio con i residui di rame presente nei motori e nei cavi elettrici quando il veicolo fuori uso viene frantumato rappresenta una grossa limitazione alla possibilità di riciclo dell’acciaio. Il miglioramento delle tecniche di frantumazione e di separazione potranno contribuire a risolvere parte del problema. L’utilizzo di meno rame nella progettazione di una nuova auto, o l’incorporazione del rame in modo che possa essere facilmente separato prima della frantumazione, sicuramente rappresentano risposte più potenti e di più lunga durata al problema della contaminazione incrociata delle diverse componenti metalliche. Il cablaggio in alluminio di un’auto oppure l’utilizzo di fibre ottiche potrebbero essere altre soluzioni utili per la progettazione di una vettura davvero riciclabile.

Lo sviluppo delle tecnologie per la sostenibilità del riciclo dell’acciaio da rottame, inclusa la ricerca e lo sviluppo di tecniche innovative per la preparazione del rottame e di tecniche di separazione dei materiali, va quindi di pari passo con lo sviluppo delle politiche sul riciclo e, a più lungo termine, con quelle che favoriscono il design finalizzato al riciclo dei beni e con l’organizzazione a livello “società” del sistema di raccolta.

²²⁸ ISPRA, “Veicoli fuori uso” in *Rapporto Rifiuti 2008*, Appendice 3, ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2008, <http://www.isprambiente.gov.it>

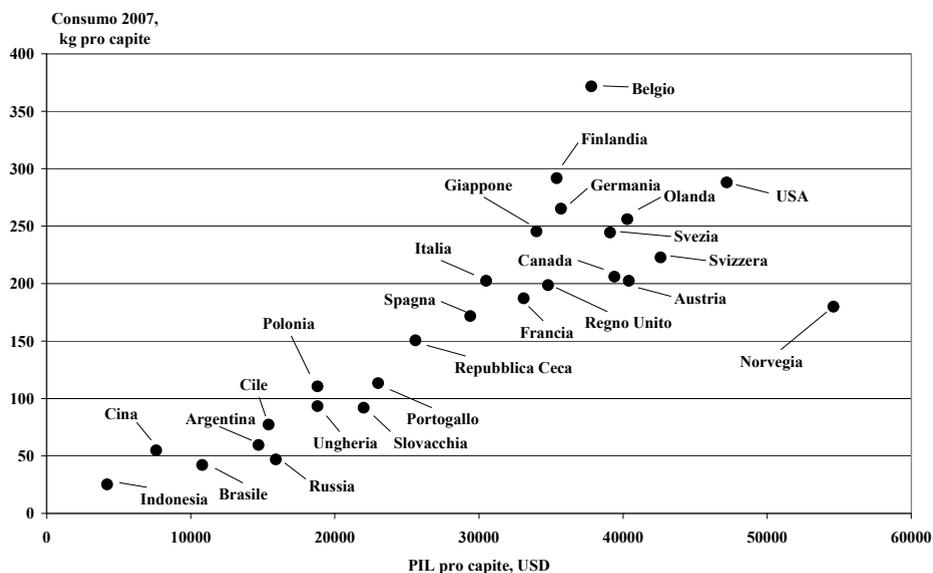
²²⁹ EC (2000), Direttiva CE n. 53 del 18 settembre 2000 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa ai veicoli fuori uso, GU L 269 del 21.10.2000.

6.5.2 L'industria cartaria

Nonostante molti osservatori abbiano più volte pronosticato che i media elettronici e l'archiviazione digitale delle informazioni avrebbero causato una contrazione della domanda mondiale di carta, la carta continua ad essere un prodotto fondamentale per molti aspetti della nostra vita quotidiana. La rivoluzione dell'informazione elettronica non ha ancora prodotto l'ufficio senza carta promesso. Anzi, la diffusione di computer, stampanti e fotocopiatrici ne ha di fatto aumentato il consumo. La carta resta fondamentale per l'istruzione, le comunicazioni, l'imballaggio e gli usi domestici e igienico-sanitari. Il consumo di carta è ancora uno degli indicatori dello sviluppo economico di un paese (Figura 6.8)²³⁰.

L'industria della carta e del cartone²³¹ è una attività economica importante, condotta da operatori multinazionali che gestiscono una complessa rete di fornitura di fibra e pasta per carta, di produzione di carta e cartone e di trasformazione in prodotti al consumo che rappresenta, in termini di valore, circa

Figura 6.8: Consumo di carta in funzione del PIL (2007, kg pro capite)



Fonte: Elaborazione su dati Assocarta (2009) e CIA (2011)

²³⁰ Assocarta (2009), *L'industria cartaria nel 2008*.

CIA (2011), Central Intelligence Agency, *The World Factbook*, <https://www.cia.gov>

²³¹ La carta ha una grammatura inferiore a 150 grammi per metro quadro, il cartoncino ed il cartone una grammatura superiore.

il 2,5% della produzione industriale e il 2% del commercio mondiale (WBCSD, 2004)²³². Il settore è caratterizzato dalla convivenza di grandi imprese che beneficiano delle economie di scala con piccolissime imprese che si avvantaggiano in mercati di nicchia. Gli Stati Uniti e l'Europa occidentale restano di gran lunga i maggiori consumatori di carta, ma il consumo di carta sta crescendo molto rapidamente in Cina e in India, in parallelo con l'espansione delle loro economie. Per soddisfare la crescente domanda di prodotti di carta, l'industria della pasta e della carta sta espandendo la propria capacità produttiva, principalmente nei paesi in via di sviluppo con costi più bassi delle materie prime e del lavoro e normative ambientali più flessibili.

La produzione mondiale di carta e cartone è stata di 371 milioni di tonnellate nel 2009, con un calo del 5,1% rispetto al 2008 (391 milioni di tonnellate) causato dalla grave recessione che ha colpito l'economia mondiale a partire dall'estate 2007 (PPI, 2010). Si prevede che il mercato della carta e cartone continuerà a crescere a livello globale al 2,3% annuo fino al 2030, con aumenti particolarmente rapidi nei paesi in via di sviluppo e nelle economie emergenti (OECD, 2008)²³³. L'Asia, che rappresenta il 43% (157 milioni di tonnellate) della produzione, è di gran lunga la regione con la più elevata produzione di carta e cartone, seguita dall'Europa (101 milioni di tonnellate) e dal Nord America (84 milioni di tonnellate) (figura 6.9). In particolare, l'industria della carta in Cina ha visto due decenni di crescita tremenda, con un tasso di crescita annuale superiore al 10%. Dal 2000 al 2007 la Cina ha triplicato la sua produzione di carta e nel 2008 ha superato gli Stati Uniti diventando il primo produttore di carta al mondo. Nel 2009, la Cina ha prodotto 94,9 milioni di tonnellate di carta e cartone. Attualmente, ci sono circa 3.600 cartiere in Cina e gli esperti prevedono altre 200-220 imprese entro il 2010-2011, portando la produzione a superare le 100 milioni di tonnellate (CEPI, 2009)²³⁴. La produzione di carta in Cina ha ancora ampi spazi di crescita, considerando che il consumo pro-capite di carta in Cina è di 54,8 kg/abitante, contro circa 280 kg nel nord America, 245 kg in Giappone e i 142,4 (valore medio) in Europa.

Con una produzione nel 2009 di 36 milioni di tonnellate di pasta per carta e di circa 89 milioni di tonnellate di carta e cartone nell'area CEPI²³⁵, l'industria

²³² WBCSD, *Following up on "Towards a Sustainable Paper Cycle" Progress report Executive summary*, World Business Council for Sustainable Development November 2003, 2004.

²³³ OECD, *OECD Environmental Outlook to 2030*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France, 2008.

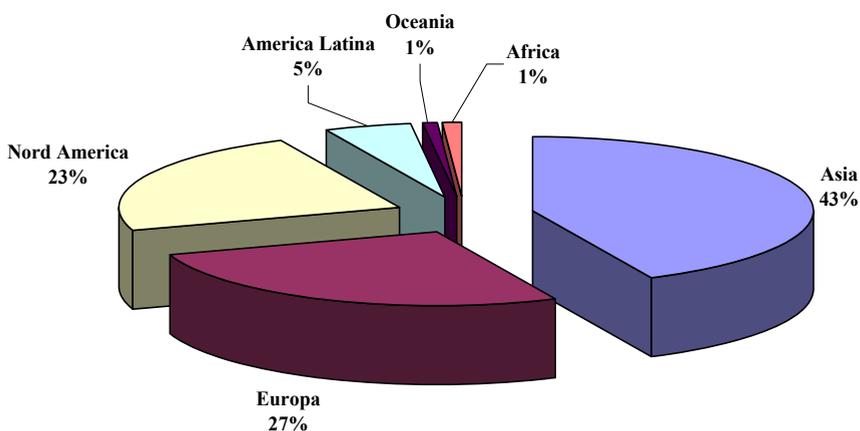
²³⁴ CEPI, *Key Statistics 2009: European Pulp and Paper Industry*, Confederation of European Paper Industries, Brussels, 2009.

²³⁵ CEPI (Confederation of European Paper Industries) è una organizzazione senza scopo di lucro con sede a Bruxelles, che rappresenta l'industria europea della pasta e della carta (il 95% in termini di produzione). paesi membri di CEPI nel 2009 sono: Austria, Belgio, Finlandia, Francia, Germania, Italia, Norvegia, Olanda, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Slovacchia, Spagna, Svezia, Svizzera, Ungheria.

europea della carta genera un fatturato annuo di 71,4 miliardi di euro e fornisce occupazione diretta per 227.500 addetti. I volumi di produzione, anche se in crescita nel 2010, restano al di sotto dei livelli pre-crisi (103 milioni di tonnellate nel 2007). La Germania è il maggiore produttore europeo di carta e cartone (figura 6.10), seguita da Svezia, Finlandia e quindi Italia (CEPI, 2009).

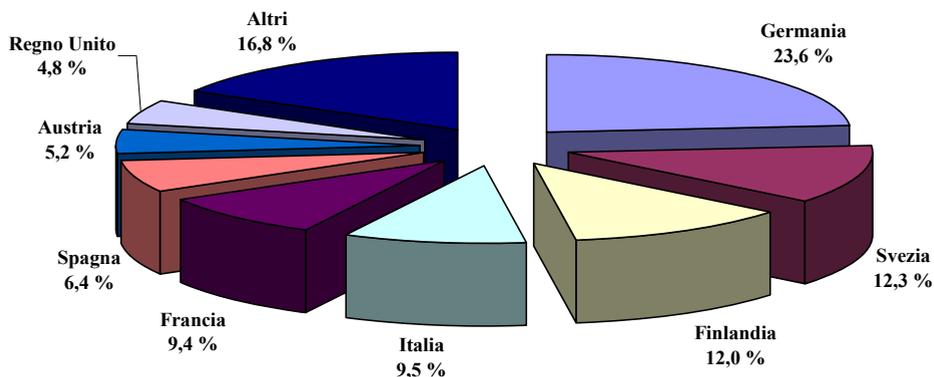
L'Italia rappresenta circa il 10% della capacità produttiva europea. Nel 2008, l'industria italiana della carta era basata su 139 imprese con 180 stabilimenti e con una forza lavoro di 21.800 addetti. I volumi prodotti dal settore nell'anno si sono

Figura 6.9: Distribuzione della produzione mondiale di carta nel 2009 per regione



Fonte: CEPI, 2009

Figura 6.10: Distribuzione della produzione di carta in Europa nel 2009

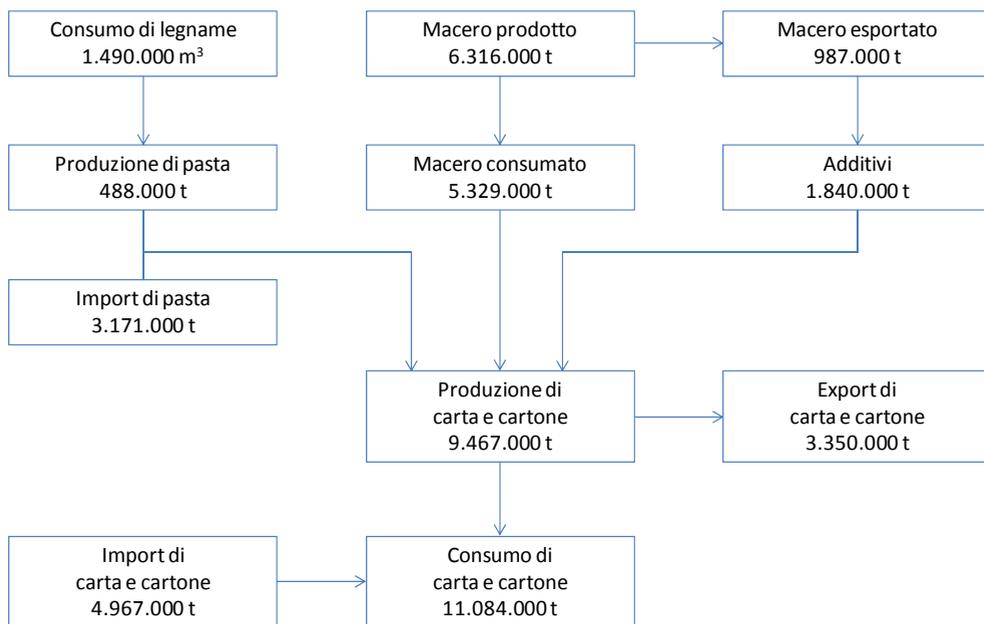


Fonte: CEPI, 2009

collocati in prossimità di 9,5 milioni di tonnellate (figura 6.11), con un peggioramento del 6,4% rispetto al massimo storico raggiunto nel 2007 (oltre 10,1 milioni di tonnellate) e con un fatturato di circa 7,15 miliardi di euro, in calo del 6,7% rispetto ai livelli 2007 (Assocarta, 2009).

La pasta di cellulosa e la carta sono fabbricate a partire da materiali a base di legno e da vari tipi di materiali ricavati da piante non legnose come la paglia di grano o di riso, la canapa, il lino, il bambù, le canne e altri arbusti e graminacee. Attualmente, il legno fornisce oltre il 90% del fabbisogno di fibra vergine del mondo, mentre le fonti non legnose forniscono il resto. Le paste per carta di origine legnosa sono prodotte principalmente a partire da piantagioni di alberi a uso industriale (alberi a rapida crescita) oppure da materiali di recupero e a basso costo (scarti di altre produzioni, parti meno pregiate dei tronchi). Le paste di origine non legnose sono prevalentemente prodotte nei paesi in via di sviluppo, ma per molte ragioni l'utilizzo di fibre non legnose sta guadagnando nuovo interesse in Europa e nel Nord America. Oltre al legno, la carta riciclata costituisce una importante materia prima nel processo di fabbricazione della carta. In Europa circa il 50% della carta è riciclata. Sebbene il riciclo della carta sia economicamente ed ecologicamente conveniente, la carta riciclata non può essere utilizzata efficacemente per la fabbricazione di tutti i tipi di carta, né può essere riciclata all'infinito.

Figura 6.11: L'industria cartaria in Italia nel 2008



Fonte: Elaborazione da Assocarta (2009)

Il legno e i principali materiali non legnosi utilizzati nella fabbricazione della carta sono costituiti da una miscela complessa delle stesse sostanze: cellulosa (40-45%), emicellulosa (25-35%), lignina (20-30%) ed estraibili (2-15%). La cellulosa e l'emicellulosa costituiscono le fibre del legno mentre la lignina lega le fibre di cellulosa e costituisce la struttura portante del legno. Le fibre provenienti da materie prime diverse, tuttavia, sono considerevolmente diverse nelle loro caratteristiche morfologiche e chimiche, che le rendono adatte per diversi gradi di prodotti finali.

I principali processi coinvolti nella produzione della pasta per carta e successivamente della carta a partire da fibre vergini sono: la movimentazione e la preparazione delle materie prime, la conservazione, la scortecciatura del legno, il taglio e la pulizia delle piante non legnose, la preparazione e lavorazione della pasta, la sbianca e infine la produzione di carta e cartone. Le tecnologie utilizzate nella produzione della pasta e nella sbianca dipendono molto dalla qualità e dalle caratteristiche dei tipi di carta da produrre. Per esempio, la carta da giornale non richiede una elevata forza e stampabilità, ha una vita relativamente breve e viene prodotta in grossi volumi. Pertanto, la pasta per questo tipo di carta viene prodotta con tecnologie che assicurano un elevato rendimento di pasta a scapito della massima forza ottenibile. Le carte da imballaggio hanno bisogno invece di forza per poter essere utilizzabili: il percorso di produzione è in questo caso differente in quanto bisogna accontentarsi di una resa inferiore al fine di ottenere questa forza. Le carte da imballaggio, come la carta da giornale, non necessitano di un imbianchimento spinto. La carta grafica richiede invece elevata luminosità e durata: in questo caso le proprietà meccaniche devono essere elevate e la fase di imbianchimento deve essere spinta per rimuovere il colore scuro dovuto ai residui di lignina.

La fabbricazione della pasta per carta utilizza metodi meccanici, chimici, semichimici, chemimeccanici (CMP) e chemitermomeccanici (CTMP). Il processo meccanico usa uno sfibratore meccanico per sfibrare i tronchetti e i pezzetti (*chips*) di legno, seguito da un raffinatore a dischi. In questo processo le fibre sono estratte utilizzando la forza meccanica di taglio e la maggior parte della lignina rimane con le fibre. Il processo è a elevatissima resa (90-95%) ma il prodotto non possiede buone proprietà meccaniche in quanto lo stesso processo produttivo tende ad accorciare le fibre e quindi a indebolire il prodotto finale. Le paste meccaniche possono spesso essere utilizzate senza imbianchimento.

Nella produzione della pasta chimica e semichimica, il rilascio delle fibre è facilitato dall'uso di prodotti chimici che dissolvono la lignina. Questo avviene in contenitori a pressione e ad alta temperatura, chiamati digestori. La principale differenza tra le due tecniche consiste nel fatto che il metodo chimico produce praticamente cellulosa pura (resa 40-45%) mentre nel processo semichimico la fibra di cellulosa è ancora parzialmente lignificata (resa 60%). Le caratteristiche qualitative delle paste semichimiche sono intermedie tra quelle delle paste chimiche e quelle delle paste ad alta resa.

Le paste CMP e CTMP sono prodotte ammorbidendo la lignina mediante un blando attacco chimico o termo-chimico (in presenza di vapore). La lignina rimane quindi in gran parte a ricoprire la fibra di cellulosa. I pezzetti di legno (chips) trattati sono quindi sfibrati per via meccanica in raffinatori a disco. La resa del processo è abbastanza elevata (85-90%).

Le principali tecniche chimiche, semichimiche e chimico-meccaniche sono le seguenti:

- solfato (metodo Kraft): utilizza una miscela di idrossido di sodio e solfuro di sodio in ambiente alcalino; adatto per materiali legnosi e per la maggior parte delle fibre non legnose (metodo chimico);
- solfito: metodi al bisolfito acido, bisolfito alcalino e solfito neutro (Ca, Mg, NH₄, Na); principalmente per legno (metodi chimici e semichimici);
- calce, calce-soda: in particolare per fibre non-legnose;
- soda fredda: trattamento con idrossido di sodio a temperatura ambiente, da solo o con carbonato di sodio; in particolare, per legno duro e fibre non legnose (semichimico);
- soda antrachinone (AQ): idrossido di sodio da solo o con carbonato di sodio e antrachinone come catalizzatore, adatto per legno duro e fibre non legnose (chimico, simile al processo Kraft, ma senza zolfo).

Il processo Kraft (metodo al solfato) è il processo di produzione della pasta per carta che domina in tutto il mondo, costituendo l'84% della produzione mondiale di pasta chimica e il 63% del totale della produzione di pasta chimica e meccanica.

L'operazione di sbianca è un processo applicato alla pasta per carta al fine di aumentarne la luminosità e consiste nella rimozione della lignina residua con reagenti chimici. La rimozione della lignina non può essere effettuata in una singola fase, pertanto il processo di sbianca richiede generalmente 3-6 fasi in successione. Le prime due fasi essenzialmente rilasciano ed estraggono la maggior parte della lignina e le successive rimuovono i residui di lignina e rifiniscono il prodotto. Tra due fasi successive possono anche essere effettuati lavaggi intermedi con acqua. I trattamenti chimici più comunemente applicati durante il processo di sbianca e le loro abbreviazioni comuni, sono riportati nella tabella 6.5.

Negli anni 60 e 70 le operazioni di sbianca prevedevano principalmente l'utilizzo di cloro elementare oppure ipoclorito e le sequenze più comuni erano CEHDED oppure CEDED. A metà degli anni 80 la scoperta di diossine e furani negli effluenti delle cartiere che utilizzavano cloro nella loro sequenza di sbianca richiese approfondite ricerche su come ridurre o eliminare la loro formazione. Oggi, l'uso di cloro nella sbianca della pasta è stato ampiamente sostituito con il biossido di cloro nei processi senza cloro elementare (ECF, *elemental chlorine-free*). Esempi di sequenze di sbianca con processi ECF sono (DZ)(EOP)D(DQ)(PO), D(EOP)D(PO), OD(EOP)D, OD(EOP)DP, Q(PO)DD, Q(PO)(DQ)(PO) e (Z (EO))DD. La pasta per carta ECF (pasta Kraft) detiene oggi una posizione predominante nel settore, rappresentando circa i tre quarti della pasta sbiancata prodotta nel mondo. I

processi senza derivati del cloro (TCF, *totally chlorine-free*) furono sviluppati negli anni 90 come processi di sbianca utilizzando sostanze chimiche contenenti ossigeno come ossigeno molecolare, perossidi e ozono. Esempi di sequenze TCF sono Q(EP)(EP)(EP)QPZP, Q(OP)(ZQ)(PO), Q(EOP)Q(PO) e Q(OP)ZQ(PO). Il termine TCF è applicabile solo per la pasta da carta ottenuta da fibre vergini e non può essere associato alla carta riciclata in quanto è impossibile sapere se le fibre riciclate erano state ottenute mediante processi senza cloro. Una carta ottenuta da macero senza l'utilizzo di cloro nella fase di imbianchimento viene pertanto etichettata come PCF, *Process Chlorine Free*. I processi TCF hanno progressivamente perso interesse a causa della debolezza delle fibre, minore resa, maggiori costi di operazione, costi più elevati delle sostanze chimiche necessarie per raggiungere lo stesso livello di luminosità delle paste ECF e un consumo energetico più elevato. Diversi impianti inizialmente progettati come impianti TCF sono stati convertiti alla produzione ECF. Nei paesi in via di sviluppo, le paste di origine non legnosa sono ancora in parte sottoposte a processo di sbianca convenzionale con cloro e ipoclorito in una sequenza a quattro stadi del tipo CEHH oppure CEHD.

Tabella 6.5: Trattamenti chimici comunemente applicati per il processo di sbianca

Trattamento	Sigla	Descrizione
Cloro	C	Reazione con cloro elementare in ambiente acido
Estrazione alcalina	E	Dissoluzione dei prodotti di reazione con NaOH
Ipoclorito	H	Reazione con ipoclorito in ambiente alcalino
Biossido di cloro	D	Reazione con biossido di cloro (ClO ₂)
Cloro e biossido di cloro CD	CD	Biossido di cloro aggiunto nello stadio con cloro
Ossigeno	O	Reazione con ossigeno molecolare in ambiente alcalino
Estrazione alcalina con ossigeno	EO	Estrazione alcalina in presenza di ossigeno molecolare
Estrazione alcalina con perossido	EP	Estrazione alcalina con successiva aggiunta di perossido di idrogeno (H ₂ O ₂)
Estrazione alcalina con ossigeno e perossido	EOP	Estrazione alcalina con successiva aggiunta di ossigeno e perossido di idrogeno (H ₂ O ₂)
Perossido	P	Reazione con perossido di idrogeno (H ₂ O ₂) in ambiente alcalino
Perossido sotto pressione	PO	Perossido di idrogeno (H ₂ O ₂) sotto pressione.
Chelanti	Q	Reazione con agenti chelanti (EDTA o DTPA) in ambiente acido per la rimozione dei metalli
Ozono	Z	Trattamento con ozono (O ₃) gassoso

Il processo di produzione della carta parte con la preparazione dell'impasto, in cui le fibre vergini e quelle ottenute da macero sono lavorate con acqua in recipienti a tino verticali con rotore (*pulper*) per ottenere una sospensione omogenea contenente il 3-15% di fibra in acqua. L'impasto è quindi trattato nei "raffinatori", macchine generalmente costituite da dischi rotanti con superfici opportunamente intagliate che hanno lo scopo di idratare e sfibrare le fibrille e infine addizionato con le cariche, sostanze minerali (caolino, talco, carbonati, silicati, farine fossili ecc.) che hanno lo scopo di riempire gli interstizi tra le fibre e rendere la superficie del foglio piana e adatta alla stampa, e altri additivi (collanti, coloranti, ritentivi ecc.) che ne migliorano la stampabilità o per altre funzioni.

L'impasto finale viene immesso nel serbatoio della macchina continua che provvede a distribuire un flusso di pasta sotto forma di lamina sottile larga diversi metri su di un nastro continuo di tela a trama molto fitta. Seguono quindi le fasi di estrazione dell'acqua dal foglio in fase di formazione prima per gravità, poi mediante applicazione di un vuoto sotto la tela, successivamente mediante compressione tra cilindri rivestiti di feltro (presse umide) e infine per somministrazione di calore nelle "seccherie", un complesso di cilindri cavi riscaldati disposti in batterie contro i quali il foglio viene tenuto pressato da cilindri di feltro. Il nastro di carta viene infine avvolto in bobine. Seguono le fasi di post-trattamento (patinatura, calandratura, accoppiamento ecc.) per rendere la carta più idonea alle funzioni a cui verrà adibita e infine di allestimento, in cui le bobine di carta sono tagliate nel formato richiesto (fogli o rotoli) e impacchettati.

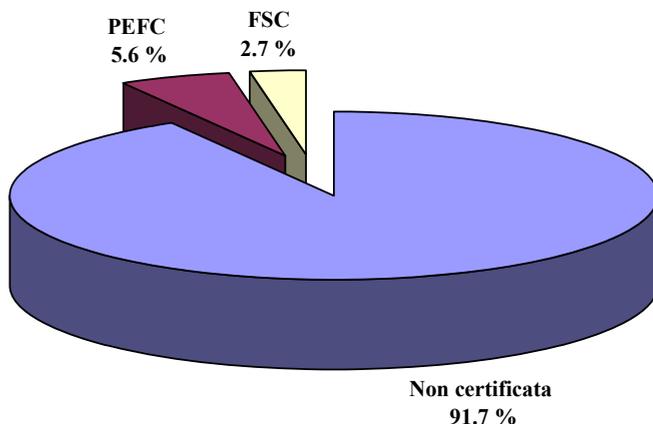
Le attività legate alla produzione della carta, all'uso e allo smaltimento finale possono avere un enorme impatto sull'ambiente. Questi impatti includono l'uso non sostenibile delle risorse forestali con effetti sui cambiamenti climatici e la perdita dell'habitat per numerose specie vegetali e animali, il depauperamento della risorsa idrica, l'inquinamento dell'ambiente con sostanze chimiche anche molto tossiche come le diossine, la produzione di elevati volumi di rifiuti e la produzione di metano, un potente gas a effetto serra, che si sviluppa quando la carta si decompone nelle discariche. Ciò ha reso necessario indirizzare l'industria della carta verso una produzione più sostenibile. Una transizione verso la sostenibilità dell'industria della carta dipende da drastici cambiamenti dei modelli di produzione e di consumo. Il cambiamento tecnologico ha un ruolo importante da svolgere in questo passaggio in quanto è in grado di ridurre l'impatto del processo produttivo.

La maggior parte degli interventi nell'industria cartaria dei paesi occidentali sono stati rivolti verso le tematiche ambientali, ad esempio il miglioramento della qualità degli effluenti derivanti dal processo di sbianca. L'industria ha anche compiuto notevoli progressi nella riduzione degli sprechi nel processo di produzione. Tuttavia, la crescente globalizzazione del settore negli ultimi anni e lo spostamento della produzione verso i paesi in via di sviluppo rendono queste problematiche di particolare attualità in quanto si sta anche assistendo allo spostamento delle conseguenze ambientali della produzione della carta. Poiché

l'industria cartaria si globalizza sempre di più, anche i temi di responsabilità sociale diventano sempre più importanti.

Uno degli impatti più complessi del settore della carta è legato ai cambiamenti climatici in quanto ogni fase del ciclo di vita della carta, dal taglio degli alberi per la produzione della pasta fino allo smaltimento finale contribuisce al riscaldamento globale. Si stima che il 42% del legname industriale che viene raccolto a livello mondiale è usato per produrre carta, un dato che fa riflettere in quanto le foreste immagazzinano circa il 50% di tutto il carbonio terrestre. Circa la metà delle foreste del mondo sono state già convertite a usi non forestali e molte delle rimanenti foreste sono ancora tagliate per l'industria della carta utilizzando pratiche di gestione forestale non sostenibili. Le grandi imprese stanno cominciando a utilizzare la certificazione forestale come strumento per garantire che il legno e la carta da essi prodotta proviene da fonti ben gestite. Attualmente, circa 300 milioni di ettari sono stati certificati secondo programmi di terze parti (FCRC, 2011) quali il PEFC (*Programme for Endorsement of Forest Certification*), un'organizzazione ombrello che riconosce i programmi nazionali tra cui la CSA (*Canadian Standards Association*), la SFI (*Sustainable Forestry Initiative*) e la CERFLOR brasiliana, oppure il FSC (*Forest Stewardship Council*), un programma internazionale indipendente non affiliato con PEFC. La quota di mercato dei prodotti di carta certificata PEFC oppure FSC è in rapida crescita e promette di raggiungere numerosi benefici per l'ambiente, tra cui una diminuzione della velocità di conversione delle foreste naturali in piantagioni. Purtroppo, solo circa il 7,5% della superficie forestale mondiale è certificata (figura 6.12) e la maggior parte di queste foreste sono nelle regioni temperate, dove la superficie forestale è relativamente stabile e non soggetta alle minacce rivolte alle foreste tropicali.

Figura 6.12: Percentuale delle superfici forestali mondiali certificate PEFC e FSC



Oltre il 10% della produzione mondiale di pasta per carta è fatto a partire da fibre non legnose e in alcuni paesi, come la Cina e l'India, i materiali non legnosi rappresentano una rilevante fonte di fibra. In Cina, il principale produttore mondiale di pasta a base di fibre non legnose, oltre il 24% della cellulosa utilizzata nell'industria della carta è prodotta da fonti non legnose. Tuttavia, molte piccole cartiere che utilizzavano paglia di riso come materia prima sono state chiuse in Cina a causa degli impatti ambientali del processo di recupero delle sostanze chimiche. L'uso di fibre non legnose in alternativa alla fibra di legno vergine non è invece decollato nei paesi sviluppati. Alcuni dei motivi che hanno frenato l'attenzione su questo tipo di tecnologia sono la preoccupazione sugli impatti ambientali del processo e la redditività economica. Inoltre, il legno può essere acquistato per tutto l'anno da fornitori ben consolidati mentre le fibre non legnose sono disponibili solo in determinati periodi dell'anno, sono difficili da immagazzinare e, in generale, più complesse da gestire. Infine, molti gruppi ambientalisti spingono i consumatori ad acquistare prodotti in carta riciclata. Dare la priorità ai prodotti *tree-free* e quindi alle fibre non legnose significa deviare la domanda lontano dall'uso preferenziale di fibre riciclate.

I recenti sviluppi della tecnologia fatti in alcuni paesi hanno portato ad un rinnovato interesse per le alternative al legno come fornitore di fibra vergine. Il *Forest Research Institute* della Malaysia e il *Borneo Advance Pulp and Paper* stanno lavorando insieme su un impianto di produzione di pasta per carta a partire dai grappoli vuoti dalla palma da olio (Rushdan et al. 2007) e si prevede che la produzione basata su questo tipo di materia prima potrebbe essere abbastanza grande da garantire l'autosufficienza della Malesia nella produzione della carta. Nel Regno Unito, sei società produttrici di carta e due ONG (WWF International e BioRegional Development Group) con il supporto del governo britannico hanno costituito una società comune per sviluppare un impianto dimostrativo per la produzione di pasta per carta a partire dalla paglia con tecnologie pulite e con recupero di energia. L'impianto è stato sviluppato fino al punto di dimostrare la fattibilità tecnica ed economica a livello di laboratorio e di impianto pilota in scala 1:10 (Bioregional, 2011)²³⁶.

Le potenzialità dell'uso di enzimi per assistere al processo di de-lignificazione nella produzione della pasta per carta ha guadagnato molta attenzione negli ultimi anni. Le ricerche nel campo delle biotecnologie hanno permesso di individuare specifici microorganismi che producono enzimi in grado di indebolire i legami della lignina. Gli enzimi di maggiore interesse nella sbianca della pasta sono xilanasi, che catalizzano l'idrolisi dello xilano, il principale agente legante tra la lignina e la cellulosa. L'azione distrugge il legame tra la lignina e la cellulosa e permette un più facile attacco da parte dell'agente chimico durante la preparazione della pasta chimica, migliora l'estraibilità della lignina solubilizzata e facilita l'azione dell'agente di sbianca della pasta. L'applicazione enzimatica è

²³⁶ Bioregional, *BioRegional Minimills*, 2011, <http://www.bioregional.com>

relativamente semplice e avviene in condizioni facilmente ottenibili, richiede minime modifiche impiantistiche, comporta una riduzione nell'uso di sostanze chimiche nel processo di sbianca e non sembra avere effetti sulla qualità e sulla resa della pasta.

La produzione di carta è un processo ad alta intensità energetica ed è responsabile di circa il 4% del consumo energetico globale industriale (EIA, 2010)²³⁷. I consumi di energia più significativi sono legati alle fasi di disidratazione ed essiccazione della carta, necessarie per portare il contenuto di umidità nel prodotto finito al 5%. In aggiunta, la produzione di paste meccaniche presenta elevati consumi energetici necessari per il funzionamento degli sfibratori e dei raffinatori a disco. Il maggior costo energetico del processo meccanico è comunque compensato dall'assenza di costi in sostanze chimiche e da una maggiore resa in pasta. Sono in via di sviluppo tecnologie innovative per ridurre il consumo energetico nella produzione della pasta meccanica e le loro applicazioni potranno diventare sempre più importanti nel prossimo futuro (Münster et al., 2004)²³⁸.

A livello globale, le emissioni dirette di CO₂ dall'industria cartaria sono state stimate in 264 Mt/anno e quelle indirette, derivanti dall'acquisto di energia elettrica, in 130-180 Mt/anno (Bernstein et al., 2007). Complessivamente, l'industria della carta è responsabile del 4-4,5% delle emissioni globali di CO₂ connesse alla produzione di energia nel settore industriale, stimato in 9,9 Gt nel 2004. In Europa, l'industria della pasta e della carta contribuisce per circa l'1% delle emissioni totali di CO₂ di origine industriale (EPTR, 2009)²³⁹. I rilasci maggiori di CO₂ nella produzione di pasta e carta derivano dalla produzione di energia necessaria all'alimentazione della cartiera. Il ricorso alle fonti energetiche fossili viene tuttavia notevolmente ridotto grazie agli impianti di cogenerazione. Nei moderni impianti, le cartiere tipicamente generano circa la metà dell'energia che utilizzano attraverso la cogenerazione, soprattutto mediante combustione del liquor nero²⁴⁰, della biomassa da scarti di legno (ad esempio cortecce), degli scarti di *pulper* e dei fanghi di cartiera. L'industria cartaria in Europa è oggi il settore che utilizza la maggiore percentuale di biomassa come combustibile rispetto agli altri. In alcuni casi, le cartiere integrate generano più elettricità di quella di cui hanno bisogno e sono in grado di vendere la loro produzione in eccesso alla rete.

La riduzione degli sprechi e l'ottimizzazione nell'uso delle risorse energetiche sono perseguite anche con l'introduzione di tecnologie sempre più sofisticate e

²³⁷ EIA, *International Energy Outlook 2010*, U.S. Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, Washington, DC, July 2010.

²³⁸ Münster H., Sabourin M., Fisera P., "The Kyoto Protocol and greenhouse gas emissions - implications for mechanical pulping", in *Pulp & Paper Canada*, 8: 175-180, 2004

²³⁹ EPTR, *The European Pollutant Release and Transfer Register*, 2009, <http://prtr.ec.europa.eu>

²⁴⁰ Il processo di attacco chimico del legno (cottura) per la produzione di pasta per carta genera, oltre alle fibre, un residuo liquido, detto liscivio o liquor nero, che contiene i componenti del legno disciolti. Questo residuo viene concentrato e successivamente combusto per recuperare il contenuto energetico delle sostanze organiche del legno.

dalla automatizzazione sempre più spinta dei sistemi di monitoraggio e controllo. L'industria cartaria può contare su diverse tecnologie e soluzioni a livello di sistema per incrementare l'efficienza energetica e ridurre di conseguenza le emissioni globali di CO₂ (riduzione della domanda di vapore di processo, nuove turbine a contropressione o condensazione a elevata efficienza, utilizzo del calore in eccesso per il teleriscaldamento ecc.). Analizzando 45 tecnologie diverse, Martin et al. (2000)²⁴¹ avevano stimato che l'efficienza energetica del processo di produzione della pasta e della carta negli Stati Uniti poteva essere migliorata del 31% rispetto ai livelli del 1994. Una serie di pratiche e di tecnologie attualmente disponibili per migliorare l'efficienza energetica e ridurre i consumi idrici nell'industria cartaria e applicabili a livello di componente, processo, impianto e organizzazione sono riportate da Kramer et al. (2009)²⁴². Queste spaziano dall'implementazione di programmi di gestione energetica all'installazione di sistemi per il recupero del calore, dalla sostituzione dei sistemi pneumatici per il trasporto dei chips con nastri trasportatori alla installazione di sistemi di cogenerazione a turbina per la produzione di elettricità e vapore. I vantaggi associati ad alcune delle singole misure possono essere relativamente piccoli ma il loro effetto cumulativo sull'intero impianto è potenzialmente molto grande. Inoltre, molte di queste misure hanno tempi di ammortamento relativamente brevi e sono quindi investimenti molto attraenti sul piano economico.

Il *black liquor*, per il suo elevato contenuto lignocellulosico, è una forma di biomassa in forma liquida concentrata, abbondante e prontamente disponibile. Il recupero energetico in caldaia, una tecnica molto diffusa, è poco efficiente dal punto di vista energetico e viene effettuato più che altro per praticità. Sono in corso ricerche sulla gassificazione del *black liquor* per aumentare l'efficienza del recupero energetico. Nella gassificazione, il *black liquor* viene nebulizzato in un reattore a temperatura e pressione elevate dove le sostanze organiche sono trasformate in gas di sintesi. Il processo ha le potenzialità per produrre biocarburanti per autotrazione. In Svezia è stato avviato un progetto, finanziato dal settimo programma quadro dell'UE e dall'Agenzia Svedese per l'Energia, per dimostrare la possibilità di produrre biocarburante sintetico a partire da biomassa lignocellulosica su scala industriale. Il carburante ottenuto sarà testato su una flotta di 14 camion Volvo (BIODME, 2011)²⁴³. Si stima che il potenziale di mitigazione delle emissioni di CO₂ con questa tecnologia sia di 10 - 30 Mt di CO₂

²⁴¹ Martin N., Angliani N., Einstein D., Khrushch M., Worrell E., Price L. K., *Opportunities to Improve Energy Efficiency and Reduce Greenhouse Gas Emissions in the U.S. Pulp and Paper Industry*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, Report LBNL-46141, 2000.

²⁴² Kramer K. J., Masanet E., Xu T., Worrell E., *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Pulp and Paper Industry*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, Report LBNL- 2268E, 2009.

²⁴³ BIODME, *Bio DME. Production of DME from biomass and utilisation as fuel for transport and for industrial use*, 2011, <http://www.biodme.eu>

nel 2030 (IEA, 2006)²⁴⁴. Una strada diversa per l'utilizzo del contenuto lignocellulosico del black liquor, e alternativo al semplice recupero energetico mediante combustione, è rappresentato dall'estrazione, coadiuvata da enzimi o microorganismi, dei composti aromatici oppure di altre sostanze chimiche da utilizzare come base di partenza per la produzione di prodotti chimici intermedi e quindi di prodotti di largo consumo in sostituzione di quelli derivati dal petrolio.

Oltre alla CO₂, gli altri inquinanti atmosferici di rilievo emessi durante la produzione della carta sono composti dello zolfo (idrogeno solforato, metilmercaptano, dimetilsolfuro e dimetildisolfuro, derivati dal solfuro di sodio utilizzato nel processo Kraft), composti organici volatili (derivati dalla lignina e da carboidrati durante il processo di produzione della pasta per carta) e particolato, oltre agli inquinanti generati dagli impianti di combustione asserviti alla cartiera. Tali centrali termiche possono essere alimentate con combustibili fossili oppure sfruttare la biomassa disponibile per contribuire al miglioramento dell'efficienza energetica. Come in tutti i processi di combustione, i principali inquinanti emessi sono particolato, NO_x, SO₂, CO, PCDD/PCDF. Le emissioni in aria sono ridotte dall'impiego di combustibili a minore impatto ambientale come il gas naturale in sostituzione dell'olio combustibile, dall'uso di sistemi di combustione a elevata efficienza e dall'installazione di adeguati impianti di abbattimento. In Europa, le emissioni specifiche (per tonnellata di carta prodotta) in atmosfera di SO₂ e NO_x sono state ridotte, rispettivamente, dell'82,7% e del 35,5% nel periodo 1990-2008 (CEPI, 2009)²⁴⁵.

L'acqua è un elemento indispensabile per il processo produttivo della carta essendo il mezzo in cui avviene la dispersione e la movimentazione delle fibre che andranno a formare il foglio di carta. Le cartiere europee hanno da tempo affrontato il problema dell'ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche, non solo per ragioni di carenza idrica ma soprattutto per ragioni ambientali, riuscendo a dimezzare il fabbisogno idrico nell'arco degli ultimi venti anni. Le necessità attuali di acqua si attestano in media intorno ai 35 m³ per tonnellata di carta. Le cartiere moderne riescono ad attuare un consistente riciclo delle acque di processo, arrivando a valori prossimi al 90%. Circa il 95% dell'acqua dolce prelevata è comunque restituita ai corpi idrici essendo il consumo di acqua limitato alla quantità di acqua che si perde per evaporazione nella fase di essiccazione della carta.

Una delle sfide dell'industria della carta è la chiusura sempre più spinta del ciclo dell'acqua. Il problema principale è rappresentato dall'aumento della concentrazione delle sostanze non di processo disciolte in acqua e un aumento dell'attività microbiologica, con conseguenze negative sulla qualità del prodotto e

²⁴⁴ IEA, *Energy Technology Perspectives 2006: Scenarios and strategies to 2050*, International Energy Agency, Paris, 2006.

²⁴⁵ CEPI, *Key Statistics 2009: European Pulp and Paper Industry*, Confederation of European Paper Industries, Brussels, 2009.

con problemi di durata degli impianti per effetti della corrosione e di formazione di odori. Per ovviare a questi problemi, il trattamento delle acque di processo usate è uno strumento importante per ridurre la concentrazione dei contaminanti prima del loro riutilizzo. I trattamenti più comuni per riportare l'acqua riciclata a un livello comparabile con quello dell'acqua originariamente prelevata dal corpo idrico sono la coagulazione, la sedimentazione, la filtrazione e il trattamento con resine a scambio ionico. L'acqua rigenerata può quindi essere inclusa nel bilancio idrico dell'impianto come una fonte esterna di acqua anche se la sua disponibilità è limitata dal flusso dell'effluente che viene rigenerato. I costi necessari per l'impianto di trattamento possono essere bilanciati dal minore consumo di acqua e dal recupero della fibra in sospensione.

I principali inquinanti presenti nelle acque reflue di cartiera sono essenzialmente di origine organica (cellulose, amidi) e inorganiche (cariche minerali) oltre a fosforo, azoto e metalli pesanti, questi ultimi presenti come impurezze nelle materie prime. I principali parametri utilizzati per caratterizzare le acque reflue sono i solidi sospesi, il COD (espressione del carico organico) e l'AOX (sostanze organiche alogenate adsorbibili). Le acque reflue delle cartiere hanno un certo impatto sul corpo idrico ricevente se non trattate adeguatamente. Il trattamento delle acque reflue di cartiera viene effettuato con diverse soluzioni impiantistiche che includono l'evaporazione, la filtrazione, l'ultrafiltrazione, la flottazione, l'osmosi inversa e i trattamenti di tipo chimico-fisico e biologico (aerobico e anaerobico). L'applicabilità e la selezione delle possibili tecnologie di trattamento dipendono da numerosi fattori che includono le caratteristiche qualitative e quantitative del refluo (contenuto di solidi e di sostanze organiche) oltre ai costi di investimento e di gestione dell'impianto di trattamento delle acque. I fanghi che provengono dagli impianti di trattamento delle acque reflue hanno un significativo potere calorifico, dovuto all'elevato contenuto organico, che li rende adatti al recupero energetico. In Europa, le emissioni specifiche (per tonnellata di carta prodotta) nelle acque reflue di BOD, COD e AOX sono state ridotte, rispettivamente, dell'83,7%, del 76,3% e del 94,9% nel periodo 1990-2008 (CEPI, 2009).

La possibilità di formazione di diossine e furani, in particolare 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (2,3,7,8-TCDD) e 2,3,7,8-tetracloro-dibenzofurano (2,3,7,8-TCDF), durante la fase C del processo di sbianca rappresenta un possibile impatto ambientale legato all'industria della carta. Diossine e furani si formano attraverso la reazione del cloro con il precursore di TCDD, dibenzo-p-diossina (DBD), e con il precursore di TCDF, dibenzofurano (DBF). I precursori non clorurati di diossine e furani sono prodotti durante le fasi di demolizione della lignina oppure possono essere presenti in alcuni oli minerali utilizzati in alcune formulazioni antischiuma. La velocità di reazione di formazione di diossine e furani dipende dalla concentrazione dei precursori e dalla concentrazione di cloro ma non sono determinate dal contenuto di lignina della pasta (Berry et al.

1989)²⁴⁶. La formazione di diossine e furani durante le fasi di sbianca della pasta per carta può essere prevenuta principalmente sostituendo il cloro con il biossido di cloro oppure mediante la totale eliminazione dell'uso di composti contenenti cloro. I processi ECF e TCF rappresentano un esempio indicativo di sostituzione di composti chimici a elevato impatto ambientale con sostanze di minore impatto per migliorare la sostenibilità di un processo produttivo. Nei paesi occidentali, la presenza di diossine nelle acque reflue delle cartiere è stata virtualmente eliminata verso la metà degli anni 90 (FPAC, 2009)²⁴⁷.

La sostituzione del cloro con ClO₂ generalmente richiede modifiche nel processo di sbianca e l'installazione oppure l'ampliamento dell'impianto di produzione di biossido di cloro in sito. I sistemi di generazione di biossido di cloro possono formare piccole quantità di cloro come sottoprodotto e questa impurità sarà presente quando il biossido di cloro viene usato come reagente sbiancante. Sono disponibili diversi processi di preparazione del biossido di cloro che producono differenti quantità di cloro elementare come sottoprodotto. Una attenta selezione del metodo di generazione del biossido di cloro è importante per ridurre la formazione di cloro molecolare e quindi la formazione non intenzionale di diossine (USEPA, 1993)²⁴⁸.

L'industria della carta utilizza in maniera crescente fibre secondarie ricavate da materiali riciclati. La sostituzione delle fibre vergini con fibre di recupero riduce la domanda di legname, riducendo quindi la pressione sul patrimonio forestale e riducendo la conversione delle foreste naturali in piantagioni di alberi. Inoltre, la produzione di carta con fibre riciclate richiede meno energia, riduce le emissioni nette di gas a effetto serra e di particolato, riduce il volume di acque reflue e di rifiuti solidi. Infine, togliendo carta riciclabile dal flusso dei rifiuti, si riducono sia i rifiuti solidi che le emissioni di gas a effetto serra prodotti quando la carta si decompone nelle discariche. Se la carta viene posta in discarica invece di essere riciclata, durante la sua decomposizione si ha formazione di metano, un gas serra 23 volte più potente dell'anidride carbonica. L'*Environmental Protection Agency* degli Stati Uniti ha individuato la decomposizione della carta come tra le fonti più significative di metano da discarica, visto che più di un terzo dei rifiuti solidi urbani può essere composto da carta (USEPA, 2005)²⁴⁹. In Europa, le discariche rappresentano più del 54% delle emissioni di metano in atmosfera correlate alle

²⁴⁶ Berry R. M., Fleming B. I., Voss R. H., Luthe C. E., Wrist P. E., "Toward preventing the formation of dioxins during chemical pulp bleaching", in *Pulp & Paper Canada*, v. 90(8), p. 48, 1989.

²⁴⁷ FPAC, Forest Products Association of Canada, *Sustainability Report 2009*.

²⁴⁸ USEPA, *Pollution prevention technologies for the bleached Kraft segment of the U.S. pulp and paper industry*, United States Environmental Protection Agency, Rapporto EPA/600/R-93/110, Sezione 5, 1993.

²⁴⁹ USEPA, *Landfill methane outreach program*, United States Environmental Protection Agency, 2005, <http://www.epa.gov/lmop>

attività umane, rendendo la discarica la fonte più importante di tali emissioni (EPRTTR, 2009)²⁵⁰.

Una alternativa al riciclo o allo smaltimento in discarica della carta alla fine del suo ciclo di vita è il recupero energetico. Quando il rifiuto di carta viene incenerito per produrre energia e calore si riduce automaticamente il consumo di combustibili fossili. Sebbene l'incenerimento della carta è meno desiderabile del suo riciclo dal punto di vista ambientale, l'incenerimento può essere una opzione complementare per trattare quelle tipologie di carta per le quali il riciclo è troppo costoso oppure che non siano di qualità sufficiente (Schmidt et al., 2007)²⁵¹.

La regolamentazione della raccolta dei rifiuti di carta fu avviata dalla Svezia nel 1975. In Germania, la raccolta differenziata della carta dalle abitazioni iniziò nel 1985 e dal 1991 il regolamento sugli imballaggi fissa gli obiettivi vincolanti dei tassi di recupero per alcuni tipi di carta. Il Giappone ha raggiunto elevati tassi di recupero senza obiettivi obbligatori. Oggi, il tasso di riciclo della carta da macero (definito come la percentuale della carta consumata che è raccolta per il riutilizzo) nei paesi sviluppati è generalmente almeno il 50% ed è oltre il 65% in Giappone e in alcune paesi europei (WBCSD, 2004)²⁵². A livello globale, il tasso di utilizzo (percentuale di utilizzo della carta da macero rispetto alla produzione totale di carta) è stato circa il 44% nel 2004 (IEA, 2006)²⁵³. Sia gli Stati Uniti (USEPA, 2002)²⁵⁴ che l'Unione europea (EC, 2004)²⁵⁵ identificano il riciclo della carta come una opzione per la riduzione delle emissioni di gas serra.

La direttiva comunitaria sui rifiuti n. 98/2008 (EC, 2008)²⁵⁶ indica la raccolta differenziata come strumento obbligatorio per agevolare e migliorare il potenziale di riciclo e recupero dei rifiuti quali, come minimo, carta, metalli, plastica e vetro e fissa un obiettivo di riciclo almeno al 50% in termini di peso entro il 2020. Nel 2009, il tasso di riciclo è stato del 72,2% mentre il tasso di utilizzo delle cartiere europee è stato del 50,7%. La raccolta della carta da macero in Europa è passata da circa 44 milioni di tonnellate del 2000 a 56 milioni di tonnellate nel 2009. Nello

²⁵⁰ EPRTTR, The European Pollutant Release and Transfer Register, 2009, <http://prtr.ec.europa.eu>

²⁵¹ Schmidt J. H., Holm P., Merrild A., Christensen P., "Life cycle assessment of the waste hierarchy – A Danish case study on waste paper", in *Waste Management* 27: 1519–1530, 2007.

²⁵² WBCSD, *Following up on "Towards a Sustainable Paper Cycle" Progress report Executive summary*, World Business Council for Sustainable Development - November 2003, 2004.

²⁵³ IEA, *Energy Technology Perspectives 2006: Scenarios and strategies to 2050*, International Energy Agency, Paris, 2006.

²⁵⁴ USEPA, *Solid waste management and greenhouse gases: A lifecycle assessment of emissions and sinks*, United States Environmental Protection Agency, Rapporto EPA 530-R-02-006, 2002.

²⁵⁵ EC, *Comprehensive Report 2002-2003 regarding the role of forest products for climate change mitigation*, Enterprise DG Unit E.4, Forest-based industries, European Commission, Brussels, 2004.

²⁵⁶ EC (2008), *Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive*, Gazzetta ufficiale L312/3 del 22.11.2008.

stesso periodo di tempo, l'utilizzo della carta recuperata è passato da 42 milioni di tonnellate a circa 45 milioni (CEPI, 2009)²⁵⁷.

L'Italia apporta un notevole contributo alla filiera europea. Nel 2008 sono state raccolte 6,3 milioni di tonnellate di carta da macero, con una variazione tendenziale del + 2,1% rispetto all'anno precedente. Il consumo di carta da macero delle cartiere italiane si è collocato nel 2008 su poco più di 5,3 milioni di tonnellate, con un ridimensionamento del -4,5% rispetto ai circa 5,6 milioni di tonnellate del 2007. Per i volumi di macero reimpiegati nella produzione cartaria, l'Italia è quarta in Europa, dopo Germania, Francia e Spagna. L'eccesso della carta da macero raccolta in Italia è stato destinato all'esportazione, principalmente verso i mercati asiatici (Assocarta, 2009)²⁵⁸.

Il recupero di fibra dalla carta da macero è destinato a crescere rapidamente in futuro anche per bilanciare l'offerta e la domanda di fibra. Le principali forze trainanti nel riciclo della carta sono la sua disponibilità e il costo ridotto. Le limitazioni per il recupero delle fibre sono fissate dalla loro lunghezza, qualità e usabilità. La fibra si accorcia ogni volta che viene riutilizzata e a un certo punto, di solito dopo 4-6 cicli, diventa troppo corta per essere utilizzata nella produzione di carta. Quindi una certa quantità di fibra vergine sarà sempre necessaria per soddisfare le esigenze di qualità. Il ruolo tipico delle fibre riciclate nel mix di risorse per la fabbricazione della carta è tale che essa sostituisce la pasta meccanica nella produzione di carta da giornale e in alcune qualità di cartone. La produzione di carta riciclata riduce anche sensibilmente l'intensità energetica rispetto alla carta da pasta di fibra vergine. Tuttavia, la produzione di carta riciclata produce un maggiore rilascio netto di CO₂ in quanto l'energia necessaria per il processo di riciclo proviene da combustibili fossili e non dalla combustione di biomassa.

Il processo di riciclo della carta inizia con la raccolta della carta da macero. Le caratteristiche organizzative e le tecnologie applicate dal sistema di raccolta hanno un impatto importante sulle fasi successive. La raccolta della carta da macero può essere organizzata come sistema di consegna da parte dell'utente (*user delivery*), secondo uno schema di ritiro a domicilio oppure come una combinazione di questi due tipi principali. Per caratterizzare i sistemi di raccolta è inoltre utile distinguere tra sistemi con e senza classificazione (prima o dopo la raccolta) e tra sistemi con differenti sequenze di raccolta e classificazione. In generale, la qualità della carta da macero può essere migliorata con la classificazione.

²⁵⁷ CEPI, *Key Statistics 2009: European Pulp and Paper Industry*, Confederation of European Paper Industries, Brussels, 2009.

²⁵⁸ Assocarta, *L'industria cartaria nel 2008, 2009*.

La carta diventa carta da macero in diverse fasi del suo ciclo di vita, per ciascuno dei quali possono esistere specifici sistemi di raccolta. Il 5-15% della carta prodotta diventa un rifiuto prima del suo consumo, soprattutto prima e durante i processi di stampa e di confezionamento. La carta di rifiuto pre-consumo è generalmente completamente riciclata, in quanto vi è una forte domanda per questo tipo di rifiuto di elevata qualità. La forte domanda e l'aumento dei costi di smaltimento sono i fattori trainanti per l'estensione della raccolta alla carta da ufficio. Parte della carta e del cartone da imballaggio diventa un rifiuto già nei negozi: questo tipo di rifiuto di carta pulita è spesso raccolto da operatori specializzati o da produttori di carta attraverso sistemi di raccolta specializzati. Lo stesso vale per i rifiuti di carta da stampa. Infine, i rifiuti di carta post-consumo, un mix di tipi e qualità di carta diverse: la carta da macero mista contiene diversi tipi di fibra che non possono essere separati dopo il trattamento, così che la pasta risultante può essere utilizzata solo per carte di qualità inferiore.

Le tecnologie per il trattamento della carta da macero sono in larga misura simili a quelle che vengono utilizzate nel processo di produzione di fibre primarie. Le tecnologie sono adattate ai particolari problemi di trattamento della carta da macero e sono integrate con ulteriori fasi di processo come la pulizia, la rimozione di adesivi e colle e la disinchiostrazione. Il processo di innovazione di queste tecnologie è generalmente di natura incrementale ed è condizionato dai seguenti fattori:

- la necessità di trattare carta da macero sempre più contaminata e con contaminazione sempre più complessa nel tempo;
- la preparazione di fibra secondaria per l'uso in una gamma crescente di tipi di carta (a partire dalla carta da imballaggio, quindi la carta igienico-sanitaria, la carta da giornale e infine la carta grafica);
- la necessità di ridurre l'impatto ambientale del trattamento della carta da macero, soprattutto per ridurre il consumo di acqua e il carico inquinante delle acque reflue di processo;
- l'importanza crescente dell'automatizzazione del processo.

I processi negli impianti di trattamento della carta da macero sono normalmente composti da quattro fasi:

- *pulping*: la carta viene dissolta e separata in fibre evitando, per quanto possibile, il degrado della qualità della fibra;
- separazione dei materiali estranei: rimozione di impurità di grandi dimensioni (ad esempio graffette, plastica, vetro, legno ecc.) e impurità di piccole dimensioni (ad esempio adesivi, inchiostri), cercando di perdere la minima quantità di fibra;
- fasi aggiuntive del processo: ad esempio, unità di dispersione per la riduzione delle dimensioni delle impurità in modo da migliorare l'aspetto visivo della fibra secondaria e per migliorare la "macchinabilità";
- processi di compressione ed essiccazione: non necessari se la pasta viene prodotta sul luogo di produzione della carta.

La rimozione dei materiali estranei è importante sia per la qualità della pasta secondaria prodotta che per il funzionamento della macchina continua. Lo scarto di *pulper* è costituito dalle impurità presenti nei maceri e che vengono rimosse durante lo spapolamento. I principali costituenti sono plastiche, legno, graffette metalliche e fibre di cellulosa.

Gli additivi utilizzati nella produzione della carta non causano problemi se la carta da macero viene riciclata per produrre lo stesso grado di carta. Ad esempio, i materiali di riempimento sono indesiderati se la pasta secondaria deve essere utilizzata per produrre carta igienica, ma non sono un problema se l'uso finale è la carta grafica. Altri additivi che entrano in diverse fasi della lavorazione della carta, soprattutto nella stampa, presentano invece grossi problemi. La rimozione di alcuni di questi additivi, ad esempio gli adesivi e gli inchiostri può essere complessa e costosa.

La quantità e la varietà dei componenti chimici degli adesivi sono cresciuti nel corso degli anni. L'impiego di adesivi solubili in acqua o che possono essere dispersi facilmente in acqua riduce notevolmente i problemi di rimozione degli adesivi. La disinchiostrazione è un altro aspetto complesso e ricco di problematiche. Normalmente, per eliminare gli inchiostri da stampa sono utilizzati processi di lavaggio e flottazione. Nelle celle di flottazione, l'impasto da disinchiostrare viene agitato in presenza di tensioattivi con formazione di schiuma. Le particelle di inchiostro vengono rese idrofobe con l'aggiunta di prodotti chimici e quindi agglomerate fino a dimensioni flottabili. Tali agglomerati salgono in superficie e vengono asportati insieme alla schiuma tramite un raschiatore. Le proprietà degli inchiostri utilizzati hanno un forte impatto sul processo di disinchiostrazione. In particolare, gli inchiostri da stampa a base acquosa, anche se più amichevoli dal punto di vista ambientale e della sicurezza in quanto non contengono olio minerale e solventi, non vengono catturati dalle bolle d'aria durante la fase di flottazione in quanto altamente idrosolubili. Ne consegue che l'acqua della sospensione risulta fortemente colorata, pregiudicandone il riciclo e/o l'avvio al depuratore. In pratica, i maceri con elevate quantità di stampati con inchiostri all'acqua vengono lavorati solo da cartiere senza impianti di disinchiostrazione per la produzione di carte a basso valore aggiunto. Una soluzione al problema potrebbe essere l'impiego di tecnologie separative mediante membrane, a integrazione della tecnologia attuale della flottazione, in grado di rimuovere le particelle di colorante e restituire acqua purificata (Di Franco et al., 2005)²⁵⁹.

L'imbianchimento della pasta ottenuta da carta da macero può essere necessario per migliorare la qualità visiva delle fibre secondarie in funzione della qualità e delle caratteristiche della carta riciclata e della destinazione futura della fibra.

²⁵⁹ Di Franco N., Pizzichini M., Rizzello M., Russo C., *Nuove tecnologie a membrana nei processi di disinchiostrazione della carta da macero. Sperimentazioni e valutazioni economiche*, ENEA, Roma, 2005.

L'agente di sbianca più comune è il perossido di idrogeno, in altri casi sono utilizzati ossigeno oppure ozono mentre oggi il cloro è usato solo in rari casi. I principi di base sono simili alla tecnologia per la sbianca della pasta di fibra vergine.

L'utilizzo di carta da macero aumenta la necessità di acqua per il processo, in particolare per il processo di disinchiostrazione. Gli impianti tradizionali per il trattamento della carta da macero hanno un solo circuito di circolazione dell'acqua. I moderni impianti possono avere circuiti separati per l'acqua, ad esempio uno acido e uno alcalino, oppure un circuito per l'acqua fredda e uno per l'acqua calda, un circuito per l'impianto di disinchiostrazione e altre combinazioni. L'acqua di processo viene pulita tra le varie fasi della produzione (ad esempio, per micro flottazione) e viene riutilizzata il più possibile (circuito chiuso). I fanghi prodotti sono essiccati prima di essere conferiti in discarica o inceneriti.

Un differente approccio al riciclo della carta, in particolare della carta da ufficio, è la cancellazione della stampa per consentirne il riutilizzo immediato. Questo evita la necessità di distruggere e riformare il foglio di carta, come nel tradizionale processo di riciclo delle fibre. Oltre ai vantaggi della riduzione dei problemi di inquinamento, l'analisi energetica preliminare indica che la cancellazione della stampa per il riutilizzo immediato del foglio di carta richiede circa il 10% dell'energia necessaria per produrre un nuovo foglio attraverso il riciclo. Le tecniche provate per la rimozione del toner dalla carta da ufficio sono l'abrasione, il riscaldamento con laser e l'immersione in un solvente. I risultati preliminari mostrano che la rimozione della stampa è fattibile ma nessuno dei metodi testati è sufficientemente robusto da poter essere adottato. Probabilmente, per il perseguimento di questa strada è necessaria una stretta collaborazione tra produttori di toner per stampanti e produttori di carta per modificare opportunamente l'inchiostro o la carta oppure il legame tra i due componenti per rendere la rimozione della stampa più facile (Counsell & Allwood, 2008)²⁶⁰.

La riduzione del consumo di carta, un'altra strada da percorrere per la sostenibilità dell'industria della carta, rimane una questione controversa. I produttori di carta hanno fatto notevoli progressi per ridurre l'utilizzo di materie prime per la produzione di carta pur rispettando le esigenze qualitative del prodotto ma questi sono ancora insufficienti per ridurre gli sprechi e i consumi eccessivi e non necessari.

²⁶⁰ Counsell T. A. M., Allwood J. M., *Meeting the 2050 carbon target for paper by print removal*, in *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 57: 25–28, 2008.

Le potenzialità della riduzione del consumo di carta sulla riduzione delle emissioni di gas serra è stata studiata da Hekkert et al. (2002)²⁶¹. Basandosi sulla previsione di un aumento del consumo di carta da ufficio del 5% di un anno in Europa tra il 1995 e il 2015, gli autori hanno esplorato diversi modi in cui le stesse esigenze potrebbero essere soddisfatte con un minore impatto ambientale: diminuzione dei rifiuti nel processo di fabbricazione della carta; diminuzione dei rifiuti nel processo di stampa; riduzione del peso medio della carta; stampa fronte-retro, riduzione della percentuale di carta stampata ma non letta. Il risultato di questo studio fu che l'utilizzo di tutte queste tecnologie permetterebbe la riduzione delle emissioni di gas serra derivanti dall'uso della carta da ufficio del 37% rispetto alla loro proiezione per il 2015 e che la stampa e la copia fronte-retro dei documenti sarebbe stata la scelta più efficiente.

Un altro metodo per aumentare l'uso efficiente delle risorse cellulosiche è di usare meno fibra per la fabbricazione della carta, per esempio diminuendo il peso oppure aumentando il contenuto minerale. Entrambi questi approcci rendono però difficile ottenere una resistenza del prodotto adeguata alle esigenze del mercato. Parte della soluzione potrebbe essere un uso più efficace di additivi chimici e di tecniche per migliorare l'efficienza di ritenzione di questi additivi sulla superficie delle fibre per migliorare le caratteristiche meccaniche a secco della carta e quindi utilizzare meno fibra (Hubbe, 2006)²⁶².

6.5.3 L'industria chimica

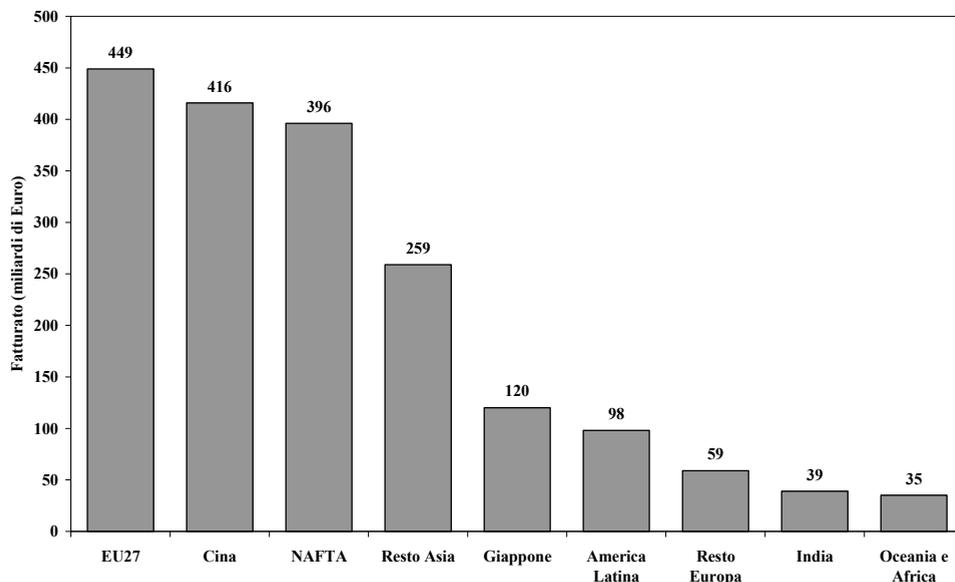
Con un fatturato di 1871 miliardi di euro nel 2009, l'industria chimica è uno dei settori più rilevanti dell'economia mondiale (circa il 4,5% del PIL mondiale). L'industria chimica è un settore cruciale nel funzionamento complessivo anche dell'economia europea. Nel 2009, le industrie chimiche europee hanno contribuito direttamente all'economia con un fatturato di 449 miliardi di Euro (CEFIC, 2010)²⁶³, corrispondente a circa 1,1% del PIL europeo. L'industria chimica europea è ancora in una posizione di forza (figura 6.13), rappresentando il 24% del fatturato dell'industria chimica mondiale, ma sta rapidamente perdendo la sua *leadership*, principalmente a causa della crescita della produzione in Cina.

²⁶¹ Hekkert M. P., van den Reek J., Worrell E., Turkenburg W. C., "The Impact of Material Efficient End-use Technologies on Paper Use and Carbon Emissions", in *Resources, Conservation and Recycling*, 36:241-266, 2002.

²⁶² Hubbe, M. A., "Bonding between cellulosic fibers in the absence and presence of dry-strength agents - A review", in *BioResources*, 1: 281-318, 2006.

²⁶³ CEFIC, *Facts and Figures 2010. The European Chemical Industry in a worldwide perspective*, CEFIC, The European Chemical Industry Council, 2010.

Figura 6.13: Fatturato dell'industria chimica globale per regione nel 2009



Fonte: Elaborazione da CEFIC, 2010

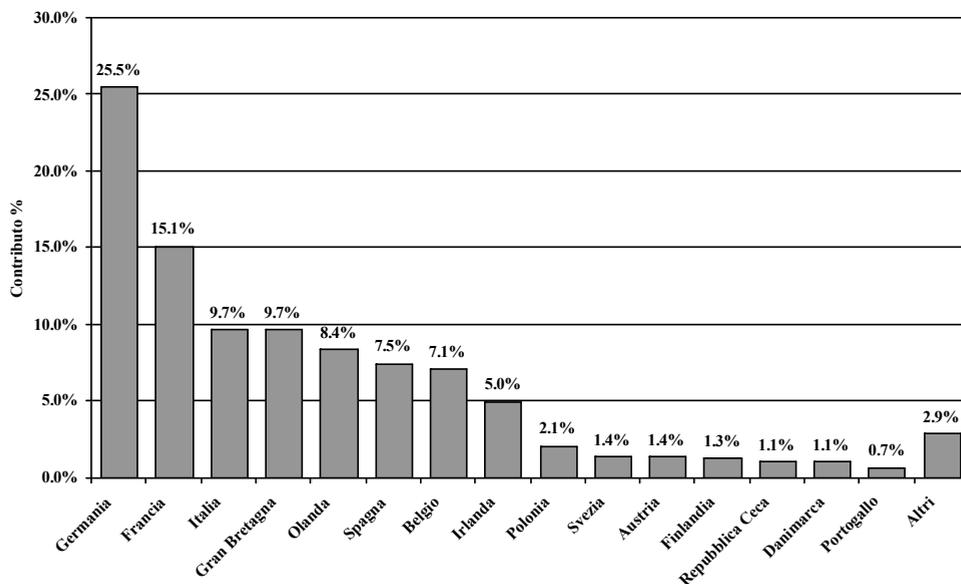
Con un valore della produzione nel 2009 di 45,5 miliardi di euro (70,5 miliardi di euro se si include anche la farmaceutica), l'Italia è il terzo produttore chimico europeo dopo Germania e Francia (figura 6.14). Il settore ha visto un notevole aumento della quota di fatturato destinata all'*export*, cogliendo le opportunità di crescita offerte dai paesi emergenti (Federchimica, 2011)²⁶⁴.

Questi numeri danno solo un'idea parziale della centralità dell'industria chimica per l'economia. L'*American Chemistry Council* (ACC), l'associazione nazionale dei produttori chimici statunitensi, stima che il 96% dei manufatti prodotti negli Stati Uniti usa direttamente qualche prodotto dell'industria chimica. Secondo le stime dell'ACC, le aziende dipendenti dalla chimica, definite come le industrie che spendono più del 5% dei loro acquisti in prodotti chimici, rappresentano circa il 25% del PIL degli Stati Uniti, o 3600 miliardi di dollari (ACC, 2010)²⁶⁵.

²⁶⁴ Federchimica, *L'industria chimica in Italia. Rapporto 2009-2010*, Federazione Nazionale dell'industria chimica, Milano, 2011.

²⁶⁵ ACC, *Guide to the Business of Chemistry*, American Chemistry Council, Washington, DC, 2010.

Figura 6.14: Contributo percentuale dei singoli stati al fatturato dell'industria chimica europea nel 2009



Fonte: Elaborazione da CEFIC, 2010

L'industria chimica globale fornisce occupazione diretta a più di 7 milioni di persone. Se si include anche l'occupazione indiretta, questa cifra sale a oltre 20 milioni di persone (ICCA, 2010)²⁶⁶. In Europa, l'industria chimica comprende 29.000 imprese che occupavano nel 2009 circa 1,2 milioni di addetti, pari al 4% della forza lavoro complessiva dell'industria manifatturiera europea (CEFIC, 2010). In Italia sono attive circa 3.000 imprese chimiche (Federchimica, 2011) con 119.000 addetti (184.700 se si include la farmaceutica).

La produzione mondiale di sostanze chimiche continua a crescere costantemente, con un tasso di crescita annuo previsto dall'OECD di circa il 3,4% fino al 2030. La struttura dell'industria chimica futura sarà però molto diversa da quella di oggi. Infatti, negli ultimi 10 anni la produzione nei paesi più industrializzati è aumentata con un tasso di crescita medio di circa 1,4% mentre nelle economie emergenti di Brasile, Russia, India e Cina (i cosiddetti paesi BRIC) il tasso di crescita è stato molto più rapido. In particolare, la produzione di prodotti chimici in Cina è cresciuta dal 1987 a un tasso annuo medio di circa il 16,5%. Come

²⁶⁶ ICCA, *ICCA Review 2010*, International Council of Chemical Associations, Brussels, Belgium, 2010.

risultato, la Cina ha superato la Germania come terzo produttore mondiale di prodotti chimici per fatturato (OECD, 2008)²⁶⁷.

L'industria chimica produce una vasta gamma di composti che possono essere approssimativamente suddivise nei seguenti gruppi: chimici di base, chimica fine, prodotti farmaceutici, materie plastiche e combustibili. L'industria chimica è un settore produttivo molto importante, ma allo stesso tempo una grande consumatrice di risorse fossili e una fonte significativa di rifiuti ed emissioni.

Come tutti gli altri settori industriali, anche l'industria chimica è stata costretta a prendere coscienza del suo impatto ambientale e a porsi di fronte alle problematiche inerenti la sostenibilità dei suoi processi produttivi. L'industria chimica è una grande consumatrice di energia, rappresentando il 22% della domanda totale di energia del settore industriale globale nel 2007 (EIA, 2010)²⁶⁸. L'energia rappresenta il 60% dei costi operativi del settore, con le percentuali più elevate nel comparto petrolchimico che utilizza i prodotti energetici, cioè petrolio, gas e in misura minore carbone, non solo come fonte di energia, ma anche come principale materia prima. Nel 2008, l'industria chimica europea, compresi i prodotti farmaceutici, ha utilizzato un totale di 138,7 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP). L'industria chimica rappresenta il 12% della domanda totale di energia dell'Unione europea e un terzo di tutta l'energia utilizzata in Europa a scopi industriali (EC, 2009)²⁶⁹. Essendo una grande utilizzatrice di energia, l'industria chimica è anche una forte produttrice di CO₂, legata all'utilizzo di combustibili fossili sia per fini energetici che nei processi produttivi.

A causa della sua dipendenza dalle risorse energetiche fossili, dei suoi processi produttivi inquinanti e della produzione di rifiuti, prodotti e sottoprodotti anche tossici o non facilmente degradabili o riciclabili alla fine del loro ciclo di vita, l'industria chimica è stata sottoposta a un rigoroso controllo legislativo. Questo approccio, pur necessario, non è però sufficiente per garantire una protezione adeguata della salute umana e dell'ambiente dai rischi chimici. Appare quindi necessario uno spostamento verso una chimica più efficiente e sostenibile che riesca a integrare i suoi obiettivi tecnologici ed economici con le esigenze di sicurezza, salute e protezione dell'ambiente e con lo sviluppo sociale. Queste considerazioni devono essere incluse in tutte le fasi della gestione industriale: produzione, commercializzazione, uso e smaltimento finale del prodotto.

La risposta dell'industria chimica alla sfida dello sviluppo sostenibile appare con il concetto di Chimica Verde, coniato dalla US *Environmental Protection Agency* nei

²⁶⁷ OECD, *OECD Environmental Outlook to 2030*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 2008.

²⁶⁸ EIA, *International Energy Outlook*, U.S. Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy, Washington, DC, 2010.

²⁶⁹ EC, *High Level Group on the Competitiveness of the European Chemicals Industry - Final Report*, European Commission, Enterprise and Industry Directorate-General, Chemicals Unit, Brussels, 2009.

primi anni 1990 (<http://www.epa.gov/gcc/>). L'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) ha coniato invece il termine Chimica Sostenibile (<http://www.oecd.org>). I termini "verde" e "sostenibile" sono spesso usati come sinonimi ma non significano esattamente la stessa cosa. Il termine "verde" in genere ha un significato più ristretto e si limita all'impatto ambientale, misurato ad esempio dall'utilizzo di materiali, dal consumo energetico, dall'inquinamento dell'acqua, del suolo e dell'aria ecc. Il termine "sostenibile" include, oltre agli aspetti ambientali, anche gli impatti economici e sociali connessi all'utilizzo di prodotti chimici.

Per definizione, la chimica verde è "l'utilizzo di una serie di principi per ridurre o eliminare l'utilizzo o la generazione di sostanze pericolose nella progettazione, produzione e applicazione di prodotti chimici" (Anastas e Warner, 1998)²⁷⁰. Essa comprende tutti gli aspetti e i tipi di processi chimici: sintesi, catalisi, separazione e condizioni di reazione. Anche se l'approccio della chimica verde è specifico per l'industria chimica, esso include molti parallelismi con altri concetti o strategie per la gestione ambientale come l'eco-efficienza, l'ecologia industriale, la *Cleaner Production* e il design per l'ambiente (*ecodesign*).

La chimica verde non è una branca della chimica e non è un particolare insieme di tecniche e di tecnologie. La chimica verde offre un quadro per realizzare la sostenibilità attraverso i 12 principi formulati da Anastas e Warner orientati alla diminuzione dell'impatto ambientale dei prodotti chimici. Esempi sono l'uso di materie prime rinnovabili, di catalizzatori selettivi e alternativi, di solventi non tossici, l'elevata efficienza atomica, la minimizzazione dei rischi, la riduzione della produzione di rifiuti e del consumo di energia e la progettazione di prodotti chimici più sicuri e biodegradabili.

L'obiettivo di fondo dei 12 principi della chimica verde (box 6.1) abbraccia molto di più i concetti di sostenibilità rispetto alla semplice prevenzione dell'inquinamento. Tuttavia, questi principi si concentrano principalmente sulle reazioni chimiche (soprattutto in sintesi organica), piuttosto che sui processi industriali, anche se viene data rilevanza all'efficienza energetica e all'uso di materie prime rinnovabili. Questi principi sono stati successivamente integrati con i 12 principi dell'ingegneria verde, che forniscono una struttura per valutare gli elementi di progettazione rilevanti per la sostenibilità dei processi produttivi.

²⁷⁰ Anastas P. T., Warner J. C., *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York, 1998.

Box 6.1: I 12 principi della Green Chemistry

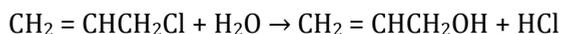
- 1) **Prevenzione.** È meglio prevenire la formazione di rifiuti che trattarli o bonificarli una volta creati.
- 2) **Economia atomica.** I metodi di sintesi dovrebbero essere progettati in modo da massimizzare l'incorporazione nel prodotto finale di tutti i materiali utilizzati nel processo.
- 3) **Sintesi chimica meno pericolosa.** Quando possibile, le metodologie di sintesi devono essere progettate per usare e generare sostanze che abbiano poca o nessuna tossicità per la salute umana e l'ambiente.
- 4) **Progettazione di composti chimici più sicuri.** I prodotti chimici dovrebbero essere progettati per assolvere la funzione attesa minimizzandone nel contempo la loro tossicità.
- 5) **Solventi e ausiliari più sicuri.** Quando possibile, l'uso di sostanze ausiliarie (solventi, agenti di separazione ecc.) deve essere evitato; se usati, devono essere innocui.
- 6) **Progettazione per l'efficienza energetica.** Il requisito energetico di un processo chimico deve essere valutato in funzione del suo impatto ambientale ed economico e deve essere minimizzato. Se possibile, i metodi di sintesi dovrebbero essere condotti a temperatura e pressione ambiente.
- 7) **Uso di materie prime rinnovabili.** Le materie prime devono essere rinnovabili per quanto tecnicamente ed economicamente fattibile.
- 8) **Limitare i derivati.** Le reazioni di derivatizzazione non necessarie (gruppi bloccanti, protezione/deprotezione, modifiche temporanee) devono essere evitate quando possibile.
- 9) **Catalisi.** I reagenti catalitici (il più selettivi possibile) sono superiori ai reagenti stechiometrici.
- 10) **Progettazione per la degradazione.** I prodotti chimici devono essere progettati in modo che al termine del loro ciclo di vita non persistano nell'ambiente e possano degradare in prodotti innocui.
- 11) **Analisi in tempo reale della prevenzione dell'inquinamento.** Si devono sviluppare metodologie analitiche che consentano il monitoraggio e il controllo in tempo reale e all'interno del processo prima della formazione di sostanze pericolose.
- 12) **Chimica intrinsecamente più sicura per prevenire incidenti.** Le sostanze utilizzate nei processi chimici (nonché il loro stato) devono essere scelte in modo da minimizzare il rischio di incidenti chimici, inclusi rilasci, esplosioni e incendi.

Il mercato per le sostanze chimiche verdi è ancora in evoluzione, con molte tecnologie in fase di sviluppo in laboratorio o scala pilota. Inoltre, molti impianti di produzione esistenti su scala industriale non dovrebbero andare a pieno regime ancora per molti anni. Tuttavia, ci sono numerose aree di chimica verde che stanno crescendo rapidamente, con tecnologie mature per essere scalate da

curiosità di laboratorio alla piena commercializzazione creando nuove opportunità per il futuro. I tre segmenti principali del mercato della chimica verde riguardano la minimizzazione dei rifiuti nei convenzionali processi chimici di sintesi, la sostituzione dei prodotti chimici convenzionali con sostanze meno tossiche e a minore impatto ambientale e l'utilizzo di materie prime rinnovabili per la produzione di prodotti chimici e materiali.

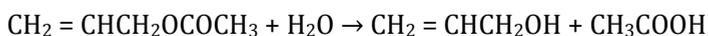
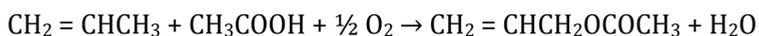
Ci sono diverse spinte dietro le opportunità emergenti nel campo della chimica verde: gli acquirenti di prodotti chimici e di prodotti contenenti sostanze chimiche, sia che siano consumatori finali o, più importante, utilizzatori a valle, richiedono prodotti sempre più sicuri e sostenibili. La diversificazione delle materie prime utilizzando sempre più risorse rinnovabili migliora la gestione del rischio della volatilità dei prezzi delle materie prime (ad esempio la variabilità del prezzo del petrolio) e rafforza la competitività nel lungo periodo. L'innovazione nel campo della chimica verde offre enormi possibilità con la creazione di nuovi prodotti e di nuove opportunità di mercato. La maggior parte delle aziende operanti nella chimica verde si rivolgono a mercati già esistenti, per cui la diffusione di questi prodotti è limitata più dalla possibilità di alimentare questi mercati ai livelli richiesti di costi e prestazioni che da problemi di sviluppo del mercato.

In letteratura è oggi possibile trovare numerosi esempi di sintesi chimiche progettate considerando i 12 principi della chimica verde formulati da Anastas e Warner. Un semplice esempio è la sintesi dell'alcol allilico ($\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{OH}$), un precursore nella produzione di molti composti. Il percorso tradizionale di sintesi prevede l'idrolisi alcalina del cloruro di allile (una sostanza abbastanza problematica) che genera il prodotto alcol allilico e il sottoprodotto acido cloridrico.



Il cloruro di allile si ottiene a sua volta per reazione del propilene con cloro a temperature di 400-500 °C.

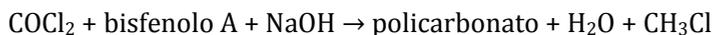
Un percorso più "verde" per la produzione di alcol allilico è un processo in due stadi con propilene ($\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3$), acido acetico (CH_3COOH) e ossigeno (O_2)



I principali vantaggi di questa sintesi alternativa sono rappresentati dall'assenza di cloro e dal fatto che l'acido acetico prodotto nella seconda reazione può essere recuperato e riutilizzato per la prima reazione, non lasciando sottoprodotti.

Un altro semplice esempio di chimica verde riguarda la produzione di policarbonato

(un polimero). Il percorso tradizionale inizia con il fosgene (COCl_2), che è estremamente tossico, e termina con la formazione di un sottoprodotto, il cloruro di metile (CH_3Cl), che è nocivo.



Un percorso più “verde”, sviluppato da Ashai Chemicals Co. in Giappone, evita l'utilizzo del fosgene e non produce sottoprodotti:



Un altro esempio potrebbe essere la produzione di stirene. Il percorso tradizionale prevede una sintesi in due fasi a partire da benzene (cancerogeno) ed etilene per formare etilbenzene, che viene quindi deidrogenato per ottenere stirene. Un percorso più “verde” parte dagli xileni, una fonte più economica di anelli aromatici e più sicura del benzene.

La catalisi ha svolto un ruolo essenziale per il successo dell'industria chimica nel 20° secolo e svolgerà un ruolo molto importante anche nell'industria chimica verde del nuovo secolo. Un catalizzatore è una sostanza che facilita una reazione chimica migliorandone la resa e riducendo i costi del processo. Nell'industria petrolchimica, ad esempio, i catalizzatori sono fondamentali per molti processi e sono stati ripetutamente migliorati nel corso di oltre 50 anni. Tuttavia, i catalizzatori convenzionali sono spesso costosi, possono generare rifiuti anche tossici e possono consumare le risorse naturali. La catalisi è uno dei fattori critici per la sostenibilità dell'industria chimica tramite lo sviluppo di nuovi tipi di catalizzatori per aumentare la selettività e per ridurre il consumo energetico e la produzione di rifiuti. Un nuovo processo catalitico è un'opportunità per guadagnare quote di mercato o per entrare in nuovi mercati.

L'utilizzo di catalizzatori eterogenei, in modo che possano essere facilmente separati (e riutilizzati) alla fine di un processo, è un approccio logico e versatile per semplificare il processo e ridurre la domanda di materie prime. Ad esempio, la catalisi acida è il tipo più diffuso di catalisi, con applicazioni in tutti i settori della chimica e della farmaceutica. Nel settore petrolchimico, i catalizzatori acidi sono utilizzati per reazioni di acilazione, alchilazione, isomerizzazioni e altri tipi di reazioni. I tradizionali sistemi solubili o liquidi (catalisi in fase omogenea) sono stati da tempo sostituiti con analoghi eterogenei basati su zeoliti, che non sono soltanto estremamente selettivi ma anche molto robusti, con una durata di vita fino a due anni prima di dovere essere rimossi e sostituiti. L'efficienza di tali processi è molto alta e le quantità relative di rifiuti sono incredibilmente basse. I catalizzatori acidi allo stato solido stanno iniziando a impattare anche i processi chimici non petrolchimici. Purtroppo, la disponibilità di catalizzatori supportati robusti e affidabili per molte reazioni chimiche chiave è ancora limitata.

Un campo aperto per il progresso nel campo della chimica verde è la biocatalisi.

Nella biocatalisi, microorganismi vivi o enzimi separati dalla cellula e immobilizzati su di un mezzo che funge da supporto sono utilizzati per mediare reazioni chimiche. In altri termini, cellule intere o componenti cellulari vengono utilizzati come impianti chimici in miniatura. Le reazioni che utilizzano la biocatalisi spesso procedono con selettività e velocità eccezionalmente elevata. In alcuni casi, l'aumento di velocità di reazione è di 9-15 ordini di grandezza superiore rispetto alle reazioni non catalizzate. Inoltre, gli enzimi permettono di lavorare in condizioni molto blande.

Enzimi naturali o geneticamente modificati sono disponibili in commercio da molti anni. Un enzima chiave è l'alfa-amilasi, un enzima termostabile molto usato per idrolizzare l'amido a una temperatura di 105 °C. Il glucosio isomerasi, che converte il glucosio in fruttosio, è un altro enzima importante. Viene utilizzato in forma immobilizzata e mantiene la sua attività catalitica fino a due anni se utilizzato industrialmente. Il settore dei detersivi è un altro grande campo di applicazione per gli enzimi. Qui, proteasi e lipasi sono usati per distruggere le proteine ed eliminare le macchie di grasso sui vestiti. L'industria dei mangimi animali è un altro importante mercato.

Il numero di enzimi industriali attualmente disponibile è però limitato. Solo lipasi, proteasi, cellulasi e amilasi sono utilizzati in grossi volumi. Ciò nonostante, i due più grandi produttori, Genencor e Novozymes, hanno un fatturato combinato di oltre 1 miliardo di euro, derivante per la maggior parte dalla vendita di enzimi per applicazioni industriali, come detersivi, trattamento delle pelli, industria alimentare e produzione di jeans "stone washed".

Gli enzimi sono sempre più utilizzati nel settore chimico per catalizzare numerose reazioni. L'utilizzo di enzimi (in forma libera o immobilizzati su di un supporto) per reazioni chimiche organiche molto specifiche è in rapido sviluppo. Si tratta per lo più di reazioni che avvengono in un singolo stadio, con elevata efficienza, specificità e velocità di reazione. Queste reazioni sono normalmente effettuate a temperatura e pressione ambientali e in genere si svolgono in solventi verdi come l'acqua, l'etanolo o la CO₂ supercritica.

La sintesi di sostanze chirali è di ovvia importanza nelle bioscienze e in medicina. La sintesi chirale aumenta l'efficacia nella produzione di molecole attive ed evita gli sprechi e i costi di separazione. Catalizzatori chirali sono già utilizzati per questo scopo ma nuovi catalizzatori chirali sono necessari per affrontare una gamma di reazioni più vasta.

I solventi hanno un ruolo fondamentale nell'industria chimica sia come prodotti, sia come ausiliari di processo. Molti solventi organici di uso comune hanno però impatti negativi sulla salute umana e sull'ambiente. L'attenzione dell'industria chimica si è pertanto concentrata su come prevenire i rilasci di solventi nell'ambiente, come sostituire i solventi più problematici con alternative più sicure ed efficienti e come ridurre o eliminare l'uso dei solventi.

Il primo passo in questa direzione è stato lo sviluppo del riciclo dei solventi usati e

l'introduzione di processi a ciclo chiuso. Per molti processi chimici in continuo che utilizzano elevati volumi di solvente le efficienze di recupero e riciclo possono raggiungere il 95%. La progettazione dell'impianto e le procedure di movimentazione fanno sì che solo piccole quantità di solvente sono disperse nell'ambiente. L'utilizzo di sistemi a ciclo chiuso fornisce risparmi sui costi di materiale e di trattamento e smaltimento degli effluenti. Queste tecniche dovrebbero essere trasferite anche ai processi che utilizzano piccoli volumi e ai processi in "batch", in cui le perdite sono ancora relativamente alte. Molte tecniche possono essere adottate per ridurre le emissioni di solventi nell'ambiente dai processi produttivi. Ad esempio, i vapori di solvente nella verniciatura a spruzzo delle auto sono catturati e combusti in sistemi integrati per la produzione di calore nelle fabbriche delle maggiori case automobilistiche.

L'uso di solventi alternativi rappresenta un campo di ampio sviluppo per la chimica verde. I fluidi supercritici, in particolare il biossido di carbonio supercritico, sono solventi che forniscono nuove funzionalità, risparmio energetico, minore rischio per la salute e minore impatto ambientale. Il biossido di carbonio supercritico è stato utilizzato con successo per i processi di estrazione, tra cui la decaffeinizzazione e la preparazione di oli essenziali. Sebbene impianti aventi capacità produttiva di diverse migliaia di tonnellate per anno sono abbastanza comuni, i fluidi supercritici non sono ancora ampiamente utilizzati come solventi di processo nell'industria chimica. Il biossido di carbonio supercritico viene anche usato con una nuova generazione di tensioattivi per il lavaggio a secco, evitando l'uso di solventi organici (www.washpoint.com). I vantaggi includono un minore impatto ambientale e costi ridotti.

Anche i liquidi ionici offrono molti vantaggi come solventi di processo. Essi sono non volatili e possono essere progettati per avere specifiche proprietà adatte a una reazione o un processo particolare. Sono in corso prove per l'applicazione nei processi industriali, ma è ancora necessario molto lavoro di sviluppo, in particolare per quanto riguarda l'ingegneria di processo con liquidi ionici. Inoltre, devono essere ancora approfonditi molti aspetti quali il riciclo e la rigenerazione dei liquidi ionici, la durata del solvente, la tossicità e l'impatto ambientale. In linea di principio, per ogni liquido ionico dovrebbe essere richiesta una registrazione separata e questo è uno dei principali ostacoli al loro sviluppo.

La progettazione di processi chimici che non richiedono solventi è un altro approccio allo sviluppo dei processi chimici verdi. Una grande quantità di lavoro di ricerca è stata fatta su sistemi "solvent-free", in particolare per reazioni di sintesi organica e nella produzione di polimeri. I risultati di queste ricerche sono trasferite solo lentamente alle applicazioni industriali in quanto i benefici non sono sufficientemente chiari. Probabilmente nuove tecnologie come il reattore a disco rotante (SDR, *Spinning Disk Reactor*) in alternativa ai reattori tradizionali saranno in grado di offrire nuove strade per i processi chimici senza solventi.

L'efficienza energetica dei processi chimici è un altro obiettivo dei principi della chimica verde. Oltre alla minimizzazione dei consumi energetici nei processi

tradizionali, molto lavoro è stato fatto sulle tecniche alternative per fornire energia ai processi chimici, in particolare l'utilizzo di radiofrequenze e microonde. Entrambe offrono un trasferimento di energia estremamente efficiente con un riscaldamento rapido e mirato e un monitoraggio diretto dell'assorbimento di energia. Questo fornisce un migliore controllo delle condizioni di reazione, un risparmio energetico e un aumento dell'efficienza atomica riducendo le reazioni collaterali (e quindi riducendo la quantità di sottoprodotti). Inoltre, le reazioni possono essere completate più rapidamente, aumentando la produttività del reattore. Le esperienze di sintesi chimica assistita da microonde devono ancora essere trasferite pienamente dalla scala di laboratorio alla scala industriale. Il riscaldamento mediante radiofrequenze è utilizzato su scala industriale per l'essiccazione in molti settori, come prodotti alimentari, carta, fibre di vetro e ceramica (ad esempio, per asciugare i monoliti di ceramica per i catalizzatori delle auto). Sistemi di riscaldamento a microonde con capacità di 100 kW sono attualmente utilizzati per asciugare in continuo le schiume poliuretatiche o per preriscaldare le resine epossidiche da 50 °C a 180 °C prima dell'estrusione.

Il miglioramento della tecnologia di processo ha un impatto potenzialmente molto grande nel migliorare le prestazioni economiche e ambientali dell'industria chimica nel breve termine e quindi un potenziale immenso per lo sviluppo di una tecnologia chimica verde e di un'industria chimica sostenibile. I processi di sintesi combinano chimica e ingegneria chimica in un approccio olistico al problema della produzione del prodotto desiderato a partire dalle materie prime disponibili con il massimo rendimento, il minor costo, la minima produzione di rifiuti e il minore sfruttamento delle risorse e dell'energia. Molte tecnologie innovative sono state sufficientemente sviluppate da permetterne l'applicazione pratica anche se la loro diffusione è molto limitata.

Molti nuovi tipi di reattori sono in fase di sviluppo. I micro-reattori, piccoli sistemi che permettono reazioni chimiche con elevata velocità ed elevata efficienza, sono un tema importante per la tecnologia chimica verde (Haswell e Watts, 2003)²⁷¹. Questi sistemi possono essere facilmente espansi con l'aggiunta di unità identiche, consentendo di passare molto rapidamente dalla scala di laboratorio alla piena produzione. Queste tecnologie offrono un prodotto migliore e una produzione inferiore di sottoprodotti rispetto ai processi in batch.

I reattori a disco rotante, che combinano i vantaggi di un piccolo volume di reazione, eccellente trasferimento del calore ed eccellenti caratteristiche di mescolamento, cominciano ad essere usati commercialmente. Un esempio di utilizzo è rappresentato dalla polimerizzazione di liquidi viscosi la cui resa può essere aumentata dal classico 75% a più del 99%. Il processo è molto più veloce rispetto ai reattori convenzionali. In un reattore a disco rotante la polimerizzazione avviene in pochi secondi e il processo a valle per rimuovere il

²⁷¹ Haswell S. J., Watts P., "Green chemistry: synthesis in micro reactors", in *Green Chemistry*, 5: 240–249, 2003.

monomero non reagito può essere eliminato. I reattori a flusso continuo, una tecnologia che domina l'industria petrolchimica, sono ancora poco utilizzati nella produzione di specialità chimiche. Altri tipi di reattori innovativi, tra cui i reattori a microcanali caratterizzati da piccoli volumi di reazione riducendo così i pericoli e rischi, i reattori a membrana in grado di mantenere separate le fasi acquosa e non acquosa, semplificando così il processo di separazione delle fasi e riducendo la quantità di rifiuti connessi, e i reattori a membrana catalitica hanno ancora bisogno di ulteriore lavoro di sviluppo (Clark e Macquarrie, 2002)²⁷².

La misura e il controllo dei parametri di processo in tempo reale è una tecnologia che offre molte opportunità per ridurre in modo significativo il consumo di energia e di altre risorse, in particolare quando viene utilizzato in congiunzione con la modellazione del processo. Diversi casi studio mostrano che la modellazione del processo di sintesi e il controllo in tempo reale permettono notevoli miglioramenti in termini di efficienza e affidabilità. Queste dovrebbero rivestire una parte fondamentale nello sviluppo di una tecnologia chimica verde.

La separazione dei componenti di una miscela di reazione è una necessità per la maggior parte dei processi chimici. Molte tecniche convenzionali, compresa la distillazione, l'assorbimento, l'estrazione liquido-liquido, lo scambio ionico, la cristallizzazione e la separazione con membrane sono utilizzate per la purificazione e la separazione a valle. Migliori tecnologie possono migliorare l'efficienza di questi processi di separazione, ridurre i consumi energetici e ridurre la produzione di rifiuti. Le membrane sono già ampiamente utilizzate per le separazioni e hanno dimostrato di poter incrementare l'efficienza e ridurre la produzione di rifiuti (Ravanchi e Kargari, 2009)²⁷³. La necessità di migliori tecnologie per i processi separativi è particolarmente sentita per i processi di fermentazione, uno strumento di crescente importanza per la tecnologia chimica verde. Spesso il processo richiede il recupero di basse concentrazioni di prodotto (nel range 0,001-1 g/l nella produzione di enzimi extracellulari o anche 10^{-5} - 10^{-7} g/l per alcune sostanze) da grandi quantità di fluidi complessi come i brodi di fermentazione. Il recupero, la separazione e la purificazione di questi composti possono rappresentare il 10-90% del costo totale di produzione. L'industria ha bisogno di migliori tecnologie per una più efficace separazione di queste biomolecole.

Lo sviluppo della chimica verde potrà aiutare lo sviluppo delle nanotecnologie. Le nanotecnologie rappresentano un nuovo approccio alla ricerca e allo sviluppo finalizzato a controllare la struttura e il comportamento della materia a livello di atomi e di molecole. Attualmente stanno facendo la loro comparsa applicazioni in molti settori diversi fra loro quali la salute, le tecnologie dell'informazione, le scienze dei materiali, l'industria manifatturiera, l'energia, la sicurezza e lo spazio.

²⁷² Clark J. H., Macquarrie D. J., *Handbook of Green Chemistry & Technology*, Blackwell, Oxford, 2002.

²⁷³ Ravanchi M. T., Kargari A., "New Advances in membrane technology", in *Advanced Technologies*, Edited by: Kankesu Jayanthakumaran, Intech Open, pp. 369-394, 2009.

È probabile che le nanotecnologie contribuiranno a risolvere le questioni di sostenibilità in vari modi, per esempio apportando modifiche nella produzione con conseguente risparmio di risorse naturali e introducendo nuovi materiali come i nanotubi di carbonio. Il campo delle nanoscienze e delle nanoparticelle è ancora nella sua fase iniziale ed esiste il rischio di realizzare materiali con proprietà potenzialmente pericolose sia per l'ambiente che per la salute umana.

L'utilizzo di materie prime rinnovabili per la produzione di prodotti chimici e materiali rappresenta sicuramente il campo più promettente per lo sviluppo di una chimica verde. La valorizzazione della biomassa, in aggiunta alla produzione di prodotti alimentari e all'utilizzo come risorsa energetica immediata, permette di sviluppare e produrre bioprodotti commerciali e industriali consentendo notevoli benefici di tipo ambientale e socio-economico. Le materie prime biologiche da piante, alberi o dai rifiuti sono rinnovabili a breve termine (meno di 10 anni), al contrario dei materiali fossili, rinnovabili in milioni di anni. I prodotti biologici possono quindi dare un notevole contributo alla riduzione delle emissioni di CO₂.

Secondo la definizione comunitaria (EC, 2007)²⁷⁴, i bioprodotti sono prodotti non alimentari derivati da biomasse (piante, alghe, alberi, organismi marini e rifiuti biologici provenienti dai nuclei domestici, dagli animali e dalla produzione alimentare). I bioprodotti spaziano dalle materie prime chimiche (i blocchi di costruzione per molecole più complesse) ai prodotti della chimica fine ad alto valore aggiunto come i farmaceutici, i cosmetici, gli additivi alimentari ecc., fino ai materiali ad alto volume come i biopolimeri. Il concetto esclude i tradizionali prodotti a base biologica, come la polpa di cellulosa e la carta, i prodotti in legno e la biomassa come fonte di energia. I bioprodotti innovativi ricavati dal legno o da derivati lignocellulosici sono considerati parte del campo di applicazione.

L'uso di risorse rinnovabili come materia prima per finalità tecniche (non alimentari) non è certamente nuovo. L'utilizzo di materie prime rinnovabili è diminuito in modo significativo nel 20° secolo principalmente a causa dei prezzi estremamente bassi del petrolio. Al giorno d'oggi, gran parte dell'industria chimica è basata sulle risorse petrolchimiche e le nostre necessità energetiche sono abbondantemente soddisfatte dai combustibili fossili come carbone, petrolio e gas naturale. Tuttavia, diverse importanti industrie sono ancora basate su materie prime rinnovabili. La metà delle fibre utilizzate nell'industria tessile sono fibre naturali (cotone, lana, lino), gli oli naturali sono ampiamente utilizzati in saponi e detersivi e l'edilizia utilizza ancora il legno e altre fibre naturali come materiale da costruzione.

La produzione totale annua di biomassa sul nostro pianeta è stimata in 170

²⁷⁴ EC, 2007, *Accelerating the Development of the Market for Bio-based Products in Europe*, Report of the Taskforce on Bio-based products, Composed in preparation of the Communication "A Lead Market Initiative for Europe" {COM(2007) 860 final}.

miliardi di tonnellate e si compone di circa il 75% di carboidrati (zuccheri), il 20% di lignina e il 5% di altre sostanze come oli e grassi, proteine, terpeni, alcaloidi ecc. (Okkerse e Van Bakkum, 1999)²⁷⁵. Di questa produzione di biomassa, 6 miliardi di tonnellate (3,5%) sono attualmente utilizzate per i bisogni umani, così distribuiti:

- 3,7 miliardi di tonnellate (62%) per uso alimentare umano, eventualmente attraverso l'allevamento animale come fase intermedia;
- 2 miliardi di tonnellate di legno (33%) per consumo di energia, produzione di carta ed esigenze di costruzione;
- 300 milioni di tonnellate (5%) per soddisfare le necessità tecniche (non alimentari) di materie prime (abbigliamento, detersivi, prodotti chimici ecc.).

La biomassa rappresenta un'opportunità promettente per fornire un'alternativa all'utilizzo delle risorse fossili e allo stesso tempo fornire i blocchi di costruzione molecolare per creare prodotti che ora sono fabbricati dal petrolio rendendo la nostra economia molto meno dipendente dai combustibili fossili.

Diversi prodotti di derivazione biologica sono già sul mercato. Per esempio, si stima che in Europa l'industria chimica usi attualmente l'8-10% di materie prime rinnovabili per la produzione di sostanze chimiche diverse (EC, 2007)²⁷⁶. Negli Stati Uniti, la percentuale della produzione di diversi articoli derivata da biomassa nel 2003 (tabella 6.6) variava dall'1,8% per le materie plastiche al 40% per gli adesivi (Paster et al., 2003)²⁷⁷.

Secondo un rapporto McKinsey (Riese, 2009)²⁷⁸ la quota del fatturato dell'industria chimica globale derivata da fonti rinnovabili con l'ausilio delle biotecnologie salirà dal 6% del 2007 al 9% nel 2012. Una recente analisi dell'USDA (*United States Trade Commission*) stima che la quota potenziale di mercato di prodotti chimici derivati da fonti rinnovabili sarà superiore al 20% entro il 2025 (v. tabella 6.7) (USDA, 2008)²⁷⁹.

Oggi, la maggioranza dei polimeri utilizzati per la produzione di materie plastiche è di derivazione petrolchimica. Anche se le bioplastiche attualmente rappresentano una piccola frazione del mercato globale di materie plastiche, il loro potenziale di crescita è significativo. Uno studio recente dell'Università di Utrecht nei Paesi Bassi stima che i biopolimeri potrebbero sostituire fino al 90% dei polimeri attualmente derivati dalla petrolchimica. Lo stesso studio stima che la produzione

²⁷⁵ Okkerse H., van Bakkum H., "From fossil to green", in *Green Chemistry*, 1: 107-114, 1999.

²⁷⁶ EC, *A lead market initiative for Europe - Explanatory Paper on the European Lead Market Approach: Methodology and Rationale*, COM(2007) 860 final, SEC(2007) 1730, 2007.

²⁷⁷ Paster M., Pellegrino J. L., Carole T. M., *Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow*, Prepared by Energetics Incorporated, Columbia, Maryland, for the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of the Biomass Program Washington, DC, July 2003.

²⁷⁸ Riese J., *White biotechnology*, McKinsey & Company, Press briefing, February, 2009.

²⁷⁹ USDA, *U.S. Biobased Products Market Potential and Projections Through 2025*, 2008, <http://www.usda.gov/oce/reports/energy/BiobasedReport2008.pdf>

di bioplastiche crescerà annualmente di circa il 37% fino al 2013 e del 6% tra il 2013 e il 2020 (Shen et al. 2009)²⁸⁰.

Le bioplastiche rappresentano solo un esempio dei mercati in rapida crescita per prodotti chimici più sostenibili e che offrono nuove opportunità in termini di innovazione tecnologica e occupazione. Un altro esempio è l'utilizzo di materiali da costruzione meno tossici in edifici residenziali e commerciali. Molti materiali da costruzione sono generalmente trattati con sostanze chimiche tossiche (formaldeide, poliuretani, metalli pesanti, composti organici volatili ecc.) che possono essere rilasciate negli ambienti abitativi e di lavoro. Alternative a questi

Tabella 6.6: Produzione di articoli derivati da biomassa negli Stati Uniti nel 2003

Prodotto	Produzione totale (milioni di tonnellate)	Percentuale derivata da biomassa
Adesivi	5,0	40
Acidi grassi	2,5	40
Tensioattivi	3,5	35
Acido acetico	2,3	17,5
Plastificanti	0,8	15
Carboni attivi	1,5	12
Detergenti	12,6	11
Pigmenti	15,5	6
Coloranti	4,5	6
Pitture per pareti	7,8	3,5
Inchiostri	3,5	3,5
Plastiche	30	1,8

Fonte: Paster et al., 2003

Tabella 6.7: Penetrazione nel mercato globale di prodotti chimici provenienti da fonti rinnovabili 2010-2025

Settore chimico	2010	2025
Chimica di base	1-2%	6-10%
Chimica delle specialità	20-25%	45-50%
Chimica fine	20-25%	45-50%
Polimeri	5-10%	10-20%

Fonte: USDA, 2008

²⁸⁰ Shen L., Haufe J., Patel M. K., *Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-based Plastics*, Group Science, Technology and Society (STS), Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht University, Rapporto PRO-BIP 2009, 2009.

prodotti esistono e molte imprese manifatturiere hanno già cominciato a sfruttare il crescente mercato dei materiali da costruzione più sicuri e sostenibili. Significative opportunità di mercato esistono nel settore dei ritardanti di fiamma per l'introduzione di prodotti con una tossicità significativamente più bassa, in particolare in termini di persistenza e bioaccumulabilità, rispetto a quelli attualmente in commercio. Uno dei segmenti in più rapida crescita in tutto il mondo è quello dei prodotti naturali e biologici per la cura personale, non solo nei paesi più industrializzati ma anche in paesi come Cina, India, Indonesia e Brasile.

Il passaggio dall'utilizzo di fonti fossili a materie prime rinnovabili richiede naturalmente di cambiare radicalmente le basi tecnologiche del settore. Differenti tecnologie possono essere utilizzate per convertire la biomassa disponibile industrialmente in materie prime rinnovabili o in vettori energetici. L'attività industriale è spesso connessa o collegata al settore alimentare, in considerazione del fatto che i prodotti alimentari e le materie prime rinnovabili per usi tecnici possono essere prodotte all'interno della stessa fabbrica a partire dalle stesse materie prime agricole.

Ci sono almeno due percorsi distinti per la fabbricazione di prodotti chimici a partire da materie prime rinnovabili. Il primo consiste nella produzione di olefine derivate da bioetanolo attraverso una reazione chimica di bassa complessità e di alta resa, chiamata disidratazione catalitica. Il prodotto di questo processo è l'etilene, probabilmente il prodotto chimico di base derivato dal petrolio più importante a causa del valore dei molti derivati che possono essere fatti a partire da esso, quali polietilene, ossido di etilene, stirene, acetato di vinile e molti altri.

Fino a poco tempo fa, l'industria chimica basata sull'etanolo non ha ricevuto molta attenzione in tutto il mondo. La principale eccezione è stata il caso del Brasile che ha sviluppato un'industria chimica indigena basata su questa sostanza in alternativa all'utilizzo dei prodotti petrolchimici e valida come esempio per molti paesi non produttori di petrolio del Terzo Mondo (Rosillo-Calle, 1986)²⁸¹. L'industria chimica brasiliana basata sull'etanolo ricavato dalla canna da zucchero inizia a partire dagli anni venti del secolo scorso e riceve un fortissimo impulso nel 1975 con l'avvio del programma nazionale ProAlcool. Nel 1993, circa 30 sostanze chimiche derivate dalla produzione di bioetanolo erano prodotte in Brasile e 14 di queste prodotte in quantità di oltre 100.000 tonnellate all'anno (Leimer, 2007)²⁸². L'industria brasiliana dell'etanolo, già la più grande del mondo, vuole adesso passare dall'etanolo di prima generazione (ottenuto dalla canna da zucchero) alla prossima generazione da varietà cellulose.

Il secondo percorso è legato al concetto di bioraffineria (Ragauskas et al.,

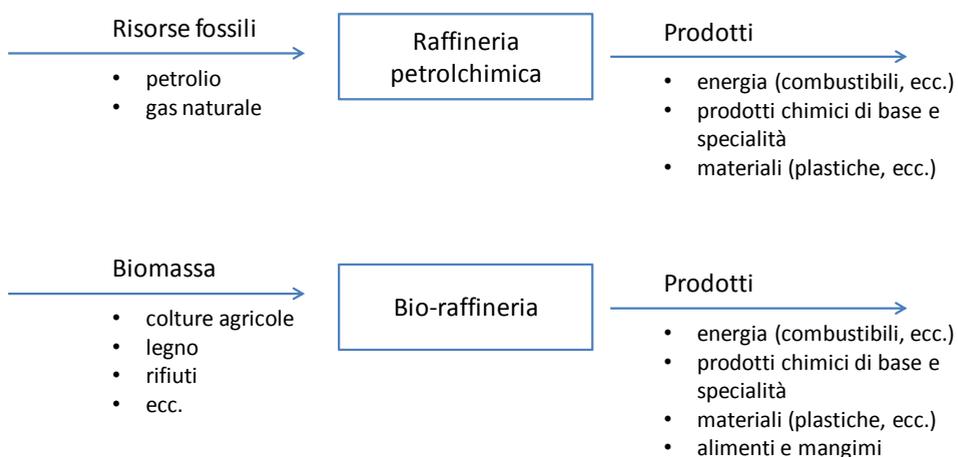
²⁸¹ Rosillo-Calle F., "The Brazilian Ethanolchemistry Industry (A Review)", in *Biomass*, 11: 19 – 38, 1986.

²⁸² Leimer K. H., "Opportunities for Bio-Based Products in the Brazilian Sugarcane Industry", in *Industrial Biotechnology and Biomass Utilisation - Prospects and Challenges for the Developing World*, UNIDO, United Nations Industrial Development Organization, Vienna, pp. 53-68, 2007.

2006)²⁸³. Analogamente alle raffinerie di petrolio, dove a partire dal greggio si producono molti prodotti energetici e chimici, le bioraffinerie producono molti prodotti industriali a partire da biomasse (figura 6.15). Questi possono includere prodotti di modesto valore ma con grandi volumi di produzione, come i carburanti per il trasporto (es. biodiesel, bioetanolo), prodotti chimici di base, sostanze chimiche a basso volume di produzione e alto valore aggiunto o prodotti chimici di specialità, come i cosmetici e i nutraceutici. Producendo più prodotti, una bioraffineria può sfruttare la naturale complessità e le differenze nei componenti della biomassa e nei suoi intermedi, massimizzando quindi il valore derivato dalla biomassa.

È possibile identificare tre diverse generazioni di bioraffinerie (Clark e Deswarte, 2008, de Jong et al., 2010)²⁸⁴. Le bioraffinerie di prima generazione usano una singola materia prima e hanno un unico prodotto principale. Sono già in funzione

Figura 6.15: Analogie tra una raffineria di prodotti petroliferi e una bio-raffineria



²⁸³ Ragauskas A. J., Williams C. K., Davison B. H., Britovsek G., Cairney J., Eckert C. A., Jr., Hallett W. J. F., Leak J. P., Liotta D. J., Mielenz C. L., Murphy J. R., Templer R., Tschaplinski T., "The path forward for biofuels and biomaterials", in *Science*, 311(5760): 484–489, 2006.

²⁸⁴ Clark J. H., Deswarte F. E. I., "The biorefinery concept - An integrated approach", in *Introduction to Chemicals from Biomass*, James H. Clark (Editor), Fabien Deswarte (Co-Editor), Wiley, pp. 1-18, 2008;

de Jong E., van Ree R., Sanders J. P. M., Langeveld J. W. A., 2010, "Biorefinery: giving value to sustainable biomass use", in *The biobased economy: biofuels, materials and chemicals in the post-oil era*, H. Langeveld et al. (eds), pp. 111-130, Earthscan, London.

e hanno dimostrato di essere economicamente valide. In Europa, ci sono molte bioraffinerie di prima generazione per la produzione di biodiesel. Esse utilizzano olio vegetale (soprattutto olio di colza nella UE) come materia prima e producono biodiesel e glicerina attraverso un unico processo chiamato transesterificazione. Altri esempi di bioraffineria di prima generazione comprendono gli impianti per la produzione di bioetanolo.

Le bioraffinerie di seconda generazione possono trattare una sola materia prima ma sono in grado di produrre diversi prodotti finiti (energia, prodotti chimici e materiali) e possono quindi rispondere maggiormente alla domanda del mercato. Un esempio di una bioraffineria di seconda generazione è lo stabilimento Novamont in Italia, che utilizza amido di mais per produrre una gamma di prodotti chimici tra cui poliesteri biodegradabili (Origi-Bi) e termoplastici derivati dell'amido (Mater-Bi) (www.materbi.com). Le bioraffinerie di prima generazione, specializzate nella produzione di energia e di biocarburanti, possono formare la "spina dorsale" per la creazione di numerose bioraffinerie di seconda generazione a causa della grande domanda del mercato. È interessante notare che anche la raffinazione del petrolio greggio iniziò principalmente per scopi energetici e ha finito per impiegare sofisticate tecniche chimiche e ingegneristiche per la produzione di sostanze chimiche e materiali complessi (Realf e Abbas, 2004)²⁸⁵.

Le bioraffinerie di terza generazione rappresentano il tipo più sviluppato e avanzato di bioraffineria. Esse non solo sono in grado di produrre una varietà di prodotti energetici e chimici ma possono anche utilizzare diversi tipi di materie prime e diverse tecnologie di lavorazione per produrre la molteplicità di prodotti industriali che la nostra società richiede. La diversità dei prodotti dà un elevato grado di flessibilità alle richieste del mercato che cambia (un sottoprodotto attuale potrebbe diventare un prodotto chiave per il futuro) e fornisce alle bioraffinerie diverse opzioni per ottenere alti profitti e massimizzare la redditività. Inoltre, la possibilità di utilizzare differenti materie prime aiuta a garantire la disponibilità di materia prima e offre a queste bioraffinerie altamente integrate la possibilità di selezionare la combinazione più redditizia delle materie prime. La struttura organizzativa di questi complessi industriali di grandi dimensioni è paragonabile a quella di una industria chimica tradizionale.

Nella nostra società, gran parte delle risorse disponibili sono utilizzate per produrre energia. Circa l'85% del nostro fabbisogno energetico è ancora soddisfatto da risorse fossili come petrolio, gas naturale e carbone. Le materie prime rinnovabili possono svolgere un ruolo importante nella produzione di biocarburanti con l'ausilio di processi biotecnologici industriali nelle citate bioraffinerie.

Il bioetanolo è prodotto dalla fermentazione di zuccheri, di solito con l'aiuto di lieviti. Questi zuccheri possono essere ottenuti da numerose materie prime come barbabietola da zucchero, canna da zucchero, grano e mais. In Europa, la maggior

²⁸⁵ Realf M. J., Abbas C., "Industrial Symbiosis – Refining the Biorefinery", in *J. Ind. Ecol.*, 7: 5-9, 2004.

parte dell'alcol viene prodotto dalla barbabietola da zucchero o dal grano, portando a un substrato facilmente fermentabile. La ricerca è ora orientata verso la produzione di alcool da substrati più difficili come i rifiuti organici dal settore agro-industriale o i rifiuti organici domestici.

Dopo il processo di fermentazione, l'alcool viene separato mediante semplice distillazione dal liquido di fermentazione, risultando in un prodotto molto puro. Questo alcool deve essere disidratato prima di poter essere utilizzato come carburante, di solito mediante un processo a membrana. Il bioetanolo può essere direttamente aggiunto alla benzina normale fino a una percentuale del 15% senza particolari adattamenti del motore. Concentrazioni più elevate di bioetanolo richiedono adattamenti del motore oppure l'impiego in motori appositamente progettati (motori flex fuel). Il bioetanolo può anche essere convertito in ETBE (etil-t-butil etere) mediante reazione con l'intermedio petrolchimico isobutilene. Nella pratica corrente europea, gli eteri combustibili come l'ETBE sono miscelati nelle benzine in media al 5% e rappresentano oggi l'85% dell'alcol etilico utilizzato in carburazione (Mirabella, 2009)²⁸⁶.

Il biodiesel è prodotto da grassi e oli vegetali. Essenzialmente, il biodiesel è costituito da esteri metilici di acidi grassi C16-C18. Fatta eccezione per i grassi e gli oli recuperati (ad esempio i grassi di frittura usati), la maggior parte del biodiesel in Europa è a base di olio di colza. La tecnologia si basa su un semplice processo chimico di transesterificazione con metanolo. Dopo la transesterificazione, la frazione di grassi di olio di colza viene separata nei suoi componenti, biodiesel e glicerina. Il biodiesel ottenuto può essere miscelato direttamente al gasolio normale, in genere fino al 5%, anche se possono essere utilizzate miscele al 30% o biodiesel puro. Il biodiesel non richiede assolutamente l'adattamento dei motori diesel. La glicerina, il sottoprodotto della produzione di biodiesel, ha altre applicazioni utili.

Il biogas è il risultato della fermentazione anaerobica di biomasse e di rifiuti. Questo processo utilizza un consorzio di diversi microrganismi in grado di trasformare la materia organica complessa in anidride carbonica (CO₂) e gas metano (CH₄). Il biogas contiene normalmente circa il 70% di metano e ha un contenuto energetico di circa 20-25 MJ/m³. Il biogas può essere bruciato e utilizzato per la produzione di elettricità e calore. Tipicamente 1 kg di sostanza secca organica corrisponde a 1 kWh di energia elettrica e 2 kWh di energia termica. Il processo è molto efficiente nel senso che circa il 90% del contenuto energetico della materia prima viene recuperata dal biogas raccolto, anche a partire da rifiuti liquidi come il letame e i fanghi, che non possono essere bruciati sotto condizioni normali. La trasformazione di rifiuti organici in biogas è molto favorevole dal punto di vista economico.

La produzione di prodotti chimici a partire da materie prime rinnovabili come le

²⁸⁶ Mirabella W., "Il ruolo dei bioeteri", in *La chimica e l'industria*, luglio/agosto 2009: 68-71, 2009.

biomasse è in grado di soddisfare molti dei principi della chimica verde, in particolare un ridotto consumo energetico, una bassa produzione di rifiuti, l'utilizzo di materie prime non pericolose e rinnovabili e la produzione di prodotti biodegradabili. Inoltre, l'uso di materie prime rinnovabili permette la sintesi di prodotti che non sono possibili oppure convenienti per via chimica tradizionale. In generale, i prodotti chimici di base provenienti da biomasse contengono ossigeno (alcoli, aldeidi, acidi organici ecc.) e hanno un importante vantaggio rispetto agli stessi prodotti derivati dal petrolio in quanto è chimicamente difficile introdurre ossigeno negli idrocarburi derivati dal petrolio. Per questo motivo, i prodotti chimici ossigenati provenienti da fonti rinnovabili possono rappresentare la più grande opportunità a breve termine per la sostituzione delle materie prime fossili.

I prodotti chimici provenienti da fonti rinnovabili sono praticamente gli stessi dei loro omologhi basati sul petrolio. È stato già detto precedentemente che la disponibilità di bioetanolo a basso prezzo prodotto dalla fermentazione di materie prime a base di carboidrati dovrebbe promuovere il suo uso come precursore di altre molecole organiche nel settore chimico mediante disidratazione a etilene, che costituisce la spina dorsale del settore petrolchimico per la sintesi di diverse altre molecole. In questo campo, la maggiore sfida è rappresentata dalla necessità di tecnologie che consentano il trattamento economico di biomasse complesse, in particolare i residui delle colture e i residui lignocellulosici in generale (Galbe e Zacchi, 2002)²⁸⁷.

Per questi scopi, le biotecnologie industriali sono sempre più impattanti sull'industria chimica, un riflesso del fatto che la biotecnologia è naturalmente adatta per la chimica sostenibile. Considerando che l'impiego di materie prime rinnovabili è piuttosto difficile nei processi chimici convenzionali, le biotecnologie industriali sono in grado di gestire queste materie prime rinnovabili con sorprendente facilità e con risultati molto positivi in termini di sostenibilità e competitività. La chimica più sostenibile è sempre più costituita da una interazione tra tecnologie chimiche convenzionali e biotecnologie industriali.

La biotecnologia industriale è l'applicazione delle moderne biotecnologie per la produzione industriale di sostanze chimiche e vettori energetici. Questa tecnologia preferibilmente utilizza materie prime rinnovabili (principalmente di origine vegetale) come zuccheri e oli come materiale di partenza e utilizza prevalentemente micro-organismi (anche geneticamente modificati) e i loro enzimi per la produzione industriale di prodotti chimici di base, prodotti della chimica fine, farmaceutici, biocarburanti, bioplastiche e altri. Il termine "biotecnologia bianca" è sempre più utilizzato, dove la parola "bianco" è usata per indicare le tecnologie pulite e sostenibili, per differenziarla dalla "biotecnologia rossa" (orientata a finalità mediche) e dalla "biotecnologia verde" (orientata verso

²⁸⁷ Galbe M., Zacchi G., "A review of the production of ethanol from softwood", in *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 59: 618–628, 2002.

l'agricoltura, ad esempio la modificazione genetica delle colture). I campi di applicazione sono innumerevoli. Ad esempio, un polimero può essere prodotto da materie prime fossili utilizzando tecnologie enzimatiche, oppure si può produrre una bioplastica completamente biodegradabile partendo da risorse rinnovabili.

I microrganismi hanno ricevuto molta attenzione come strumento biotecnologico, ad esempio nei processi di fermentazione. Numerosi batteri, lieviti e funghi sono ampiamente presenti in natura, ma raramente trovano le condizioni ottimali di crescita e di formazione del prodotto desiderato nel loro ambiente naturale. In condizioni artificiali (in vitro), il biotecnologo può intervenire sull'ambiente delle cellule microbiche (in un fermentatore o bioreattore), oppure nel loro materiale genetico (DNA), per meglio controllare e dirigere il metabolismo cellulare in questi processi di fermentazione. Grazie alla loro elevata versatilità di sintesi, facilità di utilizzare materie prime rinnovabili, grande velocità delle reazioni microbiche, la loro crescita rapida e la relativa facilità nel modificarne il materiale genetico, molti microrganismi sono estremamente efficienti e in molti casi indispensabili nei vari settori delle biotecnologie industriali.

La fermentazione è una tecnologia chiave molto importante per convertire materie prime di base come zuccheri e oli in una gamma pressoché illimitata di prodotti. Mediante il semplice utilizzo di un microorganismo, la materia prima (per esempio lo zucchero) può essere convertita in prodotti totalmente differenti, che vanno da prodotti con una struttura chimica molto vicino alla materia prima di partenza (ad esempio acido gluconico da glucosio) a prodotti che hanno praticamente nulla in comune con il materiale di partenza (ad esempio antibiotici, enzimi ecc.). Semplicemente utilizzando un differente microorganismo, la stessa materia prima rinnovabile può essere trasformata in prodotti completamente diversi. A titolo di esempio, i seguenti prodotti sono stati prodotti industrialmente da una singola materia prima come il mais:

- glucosio (uno zucchero naturale) come materia prima a scopo alimentare;
- acido citrico come additivo alimentare;
- bioetanolo come carburante per autotrazione;
- bioplastica (acido polilattico), utilizzata come materiale di imballaggio e fibre tessili;
- lisina come additivo per mangimi animali;
- antibiotici;
- vitamine per l'alimentazione umana e di animali;
- biocoloranti per l'industria alimentare.

I seguenti settori industriali forniscono le più importanti materie prime rinnovabili:

- il settore dello zucchero e dell'amido: produce carboidrati come zucchero, glucosio, amido e melassa da materie prime vegetali come barbabietola da zucchero, canna da zucchero, grano, mais, patate, manioca, riso ecc.;
- il settore degli oli e della trasformazione di grassi: produce numerosi

intermedi, come trigliceridi, acidi grassi, alcoli grassi e glicerolo da materie prime vegetali come semi di colza, soia, olio di palma, cocco e grassi animali;

- Il settore della lavorazione del legno, in particolare l'industria della cellulosa e della carta: produce principalmente cellulosa, carta e lignina a partire dal legno.

Questi settori industriali processano la biomassa grezza al fine di scindere i componenti separati come zucchero, amido, cellulosa, glucosio, proteine, oli e lignine. Fanno uso di due pilastri tecnologici:

- tecnologie di frazionamento che si basano principalmente su metodi fisici e chimici di separazione per separare le materie prime agricole nei loro differenti componenti;
- tecnologie enzimatiche che intervengono durante la trasformazione delle materie prime agricole.

Il crescente numero di successi in una vasta gamma di prodotti provenienti da fonti rinnovabili indica che questo settore ha un enorme potenziale. Ciò è dovuto anche al fatto che le grandi multinazionali si stanno orientando verso questi prodotti o stanno adottando queste tecnologie. Wal-Mart, il più grande *retailer* al mondo, sta espandendo l'uso delle bioplastiche nei suoi prodotti. Procter&Gamble, un gigante nei prodotti di consumo, ha recentemente deciso di utilizzare per i suoi prodotti alcune sostanze derivate da fonti rinnovabili. Royal DSM, un produttore olandese di enzimi alimentari, ha annunciato una joint venture con Roquette Frères, un'azienda francese di prodotti chimici, per costruire una fabbrica per produrre acido succinico, utilizzato nelle vernici, nei tessuti e nei rivestimenti, a partire da biomasse. DuPont ha collaborato con Tate&Lyle, uno zuccherificio inglese, per costruire il primo stabilimento commerciale per fare propandiolo (un prodotto chimico usato tra le altre cose in cosmetica) a partire dal mais invece del petrolio. Elevance, un'azienda americana, ha annunciato una *joint venture* con Wilmar International, un colosso asiatico agro-alimentare, per costruire la più grande bioraffineria del mondo in Indonesia nel 2011. Braskem, una società brasiliana di prodotti chimici, ha commercializzato il polietilene prodotto a partire dalla canna da zucchero e ora sta lavorando con Novozymes, un'azienda biotech danese, per produrre polipropilene (*The Economist*, 2010)²⁸⁸.

Numerosi materiali plastici prodotti a partire da materie prime rinnovabili o sintetizzati utilizzando biotecnologie industriali sono stati commercializzati su larga scala. Il processo produttivo è costituito da una combinazione intelligente di tecnologia chimica convenzionale dei polimeri e di biotecnologia industriale. La biotecnologia industriale partecipa di solito nella sintesi di blocchi monomero necessari alla costruzione di queste materie plastiche. Questi blocchi di

²⁸⁸ The Economist, *Biotechnology Chemistry goes green. Behind the scenes, industrial biotechnology is getting going at last*, July 1st 2010, Washington, DC, 2010.

monomero vengono poi convertiti in plastiche per mezzo di tradizionali tecnologie chimiche di polimerizzazione.

Mitsubishi Rayon in Giappone ha iniziato già dal 1985 a produrre acrilamide da acrilonitrile con l'aiuto di un processo enzimatico (nitrile idratasi immobilizzato). L'acrilamide è poi polimerizzata in poliacrilamide convenzionale. In questo caso, una plastica tradizionale viene prodotta da materie prime petrolchimiche con l'aiuto delle biotecnologie industriali. A parte l'enzima utilizzato, il processo non coinvolge materie prime rinnovabili. Il processo è comunque di basso costo e rispettoso dell'ambiente.

Sorona 3GT è una nuova fibra di poliestere sintetico prodotta da DuPont. Uno dei monomeri per la produzione di questo polimero, 1,3-propandiolo, viene prodotto da fermentazione di materie prime rinnovabili, cioè glucosio derivato dal mais invece che da materie prime petrolchimiche (ossido di etilene). La produzione di questo nuovo polimero è iniziata nel 2006 in un impianto con una capacità produttiva di 45.000 tonnellate/anno. Il nuovo polimero Sorona è usato principalmente come fibra sintetica nel settore tessile. Anche se prodotto da fonti rinnovabili, il polimero Sorona non è biodegradabile ed è quindi un materiale plastico convenzionale in questo senso.

NatureWorks, una società del gruppo Cargill-Dow, ha introdotto nel 2002 una bioplastica (PLA, poli acido lattico) prodotta (140.000 t/a) a partire dal glucosio derivato dal mais. In una prima fase, il glucosio viene convertito in acido lattico per fermentazione. L'acido lattico viene quindi polimerizzato a PLA. Le proprietà del polimero sono abbastanza simili ai polimeri tradizionali come il polietilene o polipropilene facilitando quindi la sua introduzione sul mercato. Il polimero è utilizzato per l'imballaggio e l'industria tessile ed è completamente biodegradabile (compostaggio). In questo caso, ci si avvicina alla situazione ideale: una plastica completamente biodegradabile è prodotta a partire da una materia prima rinnovabile.

In Italia, Novamont ha sviluppato e commercializzato Mater-Bi, una famiglia di bioplastiche biodegradabili e compostabili prodotte a partire da amido di mais e polimeri biodegradabili ottenuti sia da materie prime di origine rinnovabile che da materie prime di origine fossile. Il biopolimero, prodotto nello stabilimento di Terni (60.000 t/anno), garantisce prestazioni del tutto simili alle plastiche tradizionali e trova applicazioni nel settore agricolo (pacciamatura, legacci), nella ristorazione (piatti, posate, bicchieri, vassoi), nell'imballaggio (frutta e verdura freschi, prodotti da forno) e altri settori.

Un altro settore in forte crescita a seguito delle pressioni ambientali e di sostenibilità è quello dei biolubrificanti. I lubrificanti derivati dal petrolio, che rappresentano il tipo di olio lubrificante di base più utilizzato, sono difficilmente degradabili e rappresentano un rischio ambientale quando sono rilasciati nell'ambiente. Si stima che circa il 50% di tutto l'olio lubrificante usato finisca nell'ambiente. Questo rappresenta un forte incentivo a sviluppare lubrificanti biodegradabili.

I biolubrificanti possono essere definiti in generale come lubrificanti prodotti da materie prime rinnovabili e basati su componenti biodegradabili. I biolubrificanti non devono essere necessariamente e interamente composti da oli vegetali. Essi possono essere prodotti da oli vegetali naturali trattati per produrre un prodotto modificato che è ancora biodegradabile e rinnovabile oppure possono essere derivati da fonti rinnovabili, come gli acidi grassi ricavati da grassi e oli naturali, che hanno reagito con alcoli sintetici o polioli per la produzione di esteri che possono ancora essere considerati biolubrificanti.

I limiti dei biolubrificanti a base di oli vegetali derivano dalla loro instabilità ossidativa dovuta alla presenza di acidi grassi polinsaturi, come l'acido linoleico e l'acido linolenico, nell'olio di soia, di colza e di altri oli vegetali. Numerosi sforzi sono stati fatti per modificare gli oli vegetali al fine di moderare gli effetti di questi componenti e per ottenere un prodotto più stabile e competitivo in termini di prestazioni rispetto ad un olio lubrificante a base minerale o sintetica. I diversi approcci, a tal fine comprendono:

- trasformazioni chimiche: ci sono molti modi per modificare gli oli vegetali multifunzionali. I trattamenti possibili includono l'alchilazione, l'acilazione, l'idroformilazione, l'idrogenazione, l'oligomerizzazione (polimerizzazione) e l'epossidazione;
- transesterificazione: è noto che le prestazioni del lubrificante possono essere migliorate sostituendo la parte glicerolo dell'olio vegetale con altri polioli, come il trimetilolpropano, il glicole neopentilico o il pentaeritritolo. Questi oli sono considerati semi-sintetici e sono biodegradabili, ma non del tutto rinnovabili;
- modificazione genetica: per produrre oli vegetali a bassissimo contenuto di acidi grassi polinsaturi.

È fondamentale considerare che il costo di produzione di prodotti di base provenienti da fonti rinnovabili, come tutti i prodotti di base, è determinato da due fattori principali: il costo della materia prima e il costo del processo di conversione. L'industria di trasformazione del petrolio è ormai matura, cioè le industrie di trasformazione del petrolio sono caratterizzate da costi delle materie prime elevati rispetto ai costi di lavorazione. I costi di trasformazione sono stati infatti costantemente ridotti dalla ricerca e sviluppo nel corso degli anni.

Per l'industria dei prodotti provenienti da fonti rinnovabili la situazione è differente in quanto queste industrie tendono ad essere dominate dai costi di trasformazione. Basti pensare ad esempio alla scarsa maneggevolezza della biomassa e alle difficoltà del suo trasporto, molto più complesso rispetto al petrolio. C'è dunque ancora un notevole spazio per ridurre i costi dei prodotti provenienti da fonti rinnovabili.

7 TECNOLOGIE PER IL TRATTAMENTO E LA VALORIZZAZIONE DEI MATERIALI A FINE VITA

I processi di selezione e valorizzazione delle risorse, sviluppati nell'ambito dell'ingegneria delle materie prime, hanno subito grande impulso e sviluppo anche nel campo della valorizzazione e del riciclaggio dei rifiuti e dei sottoprodotti delle attività industriali e antropiche, in generale.

Tali processi, basati su principi fisici, hanno l'obiettivo di separare e quindi valorizzare flussi di materiali consentendo, ad esempio, di ottenere il concentrato desiderato a partire da un grezzo di miniera, o di separare le varie frazioni che costituiscono un rifiuto per consentirne il riciclaggio o la più opportuna e conveniente valorizzazione, relegando allo smaltimento la minore quota di materiali possibile. I processi di separazione e valorizzazione sfruttano le proprietà fisiche dei materiali tra cui ad esempio le proprietà delle superfici, le proprietà ottiche, le proprietà magnetiche, il peso. Alla base dei processi di separazione e valorizzazione dei materiali c'è il concetto di grado di liberazione degli stessi, e i processi utilizzati per aumentare il grado di liberazione dei materiali.

Gli impianti per la valorizzazione e il riciclaggio delle risorse consistono in una combinazione di uno o, normalmente, più processi singoli, in funzione dell'alimentazione in ingresso all'impianto e ai prodotti desiderati in uscita.

Gli impianti di trattamento e valorizzazione delle risorse costituiscono un tassello fondamentale per la sostenibilità dei sistemi produttivi e per la realizzazione della simbiosi industriale in particolare. Infatti, essi consentono di valorizzare le risorse complessivamente movimentate dai sistemi industriali, attraverso la chiusura dei cicli delle risorse e attraverso processi di valorizzazione sempre più efficienti.

7.1 Introduzione

Il recupero e riciclaggio dei materiali è un'attività industriale complessa, che si avvale di tecnologie tradizionali e innovative. Occorre prima di tutto far chiarezza sulla definizione delle diverse opzioni di fine vita (riuso,) in quanto, di frequente, i termini di settore vengono interscambiati in maniera impropria (La Marca, 2010)²⁸⁹.

Recupero (Recovery)

Con il termine recupero, si intende il complesso di operazioni necessarie per riavviare i materiali ad un nuovo ciclo di vita, sia ripristinandone la funzione per il

²⁸⁹ La Marca F., *Dispense del corso di Recupero e Riciclaggio dei Materiali*, A.A.: 2010/2011, Laurea Magistrale in Ingegneria Ambientale, Facoltà di Ingegneria, Sapienza Università di Roma.

riuso, sia ripristinando le caratteristiche dei materiali componenti, mediante trattamento meccanico o chimico, perché possano rientrare nel ciclo produttivo, come materie prime secondarie o come combustibili.

Riuso (Reusing)

Con il termine riuso si intende il complesso delle operazioni necessarie per ripristinare la funzionalità del bene, in modo che possa essere utilizzato nuovamente. Il bene può essere riutilizzato per lo stesso impiego oppure per un impiego alternativo.

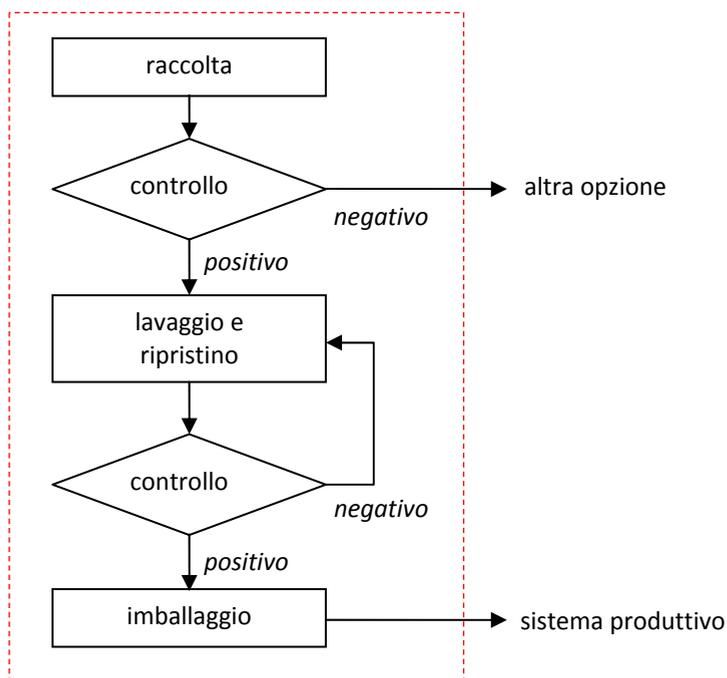
Lo schema di trattamento adottato per il riuso è raffigurato in figura 7.1.

Le operazioni implicate nel processo di riuso sono:

- raccolta;
- controllo;
- lavaggio e ripristino;
- controllo;
- imballaggio.

Il riuso, in base alla gerarchia, è la prima opzione da porre in essere per i beni di consumo giunti a fine vita.

Figura 7.1: Schema di trattamento per il riuso

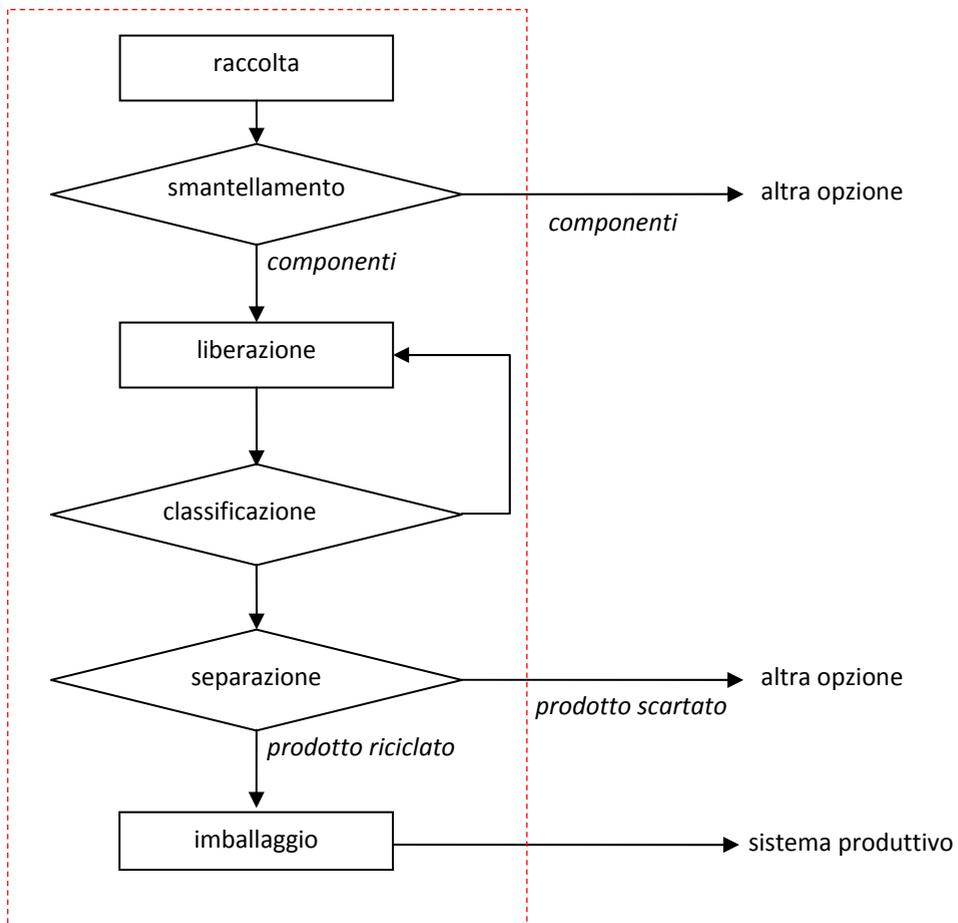


Riciclaggio (Recycling)

Con il termine riciclaggio si intende il complesso delle operazioni necessarie per ripristinare le caratteristiche dei materiali componenti un bene di consumo, affinché possano rientrare in un ciclo produttivo, consentendo, così, di proseguire il loro ciclo di vita.

Lo schema di trattamento previsto per il riciclaggio è raffigurato in Figura 7.2 (Nijkerk and Dalmijn, 2001)²⁹⁰.

Figura 7.2: Schema di trattamento per il riciclaggio



²⁹⁰ Nijkerk Alfred A., Dalmijn Wijnand L., *Handbook of Recycling Techniques*, 5th edition, Dutch National Reuse of Waste Research Programme, Nijkerk Consultancy, The Hague, The Netherlands, 2001.

Le operazioni implicate nel processo di riciclaggio sono:

- raccolta;
- smantellamento;
- liberazione;
- classificazione;
- separazione;
- imballaggio.

7.2 La selezione

L'operazione di selezione è un'operazione fondamentale, di congiunzione tra la raccolta differenziata e il trattamento per il recupero e il riciclaggio. Per ottenere, infatti, una adeguata efficienza nelle operazioni di trattamento per il recupero e il riciclaggio è necessario che il materiale in alimentazione presenti determinate caratteristiche qualitative, in relazione alla presenza di frazioni estranee (La Marca, 2010).

Lo schema di processo dell'operazione di selezione prevede, generalmente, le seguenti fasi:

- pesatura dei mezzi adibiti alla raccolta dei rifiuti;
- scarico a terra e/o caricamento su nastro trasportatore;
- eliminazione mediante vaglio rotante della frazione fine (rifiuti estranei di piccole dimensioni);
- separazione manuale o automatica delle diverse frazioni:
 - materiali con classificazione merceologica diversa;
 - materiali con stessa classificazione merceologica, ma diversa composizione e/o qualità;
 - materiale estraneo;
- eventuale compattazione delle diverse frazioni;
- imballaggio e conferimento presso impianti di riciclaggio.

Tale processo si differenzia in funzione della provenienza del materiale da sottoporre a selezione:

- da Raccolta Differenziata Multimateriale;
- da Raccolta Differenziata Monomateriale.

Nelle figure 7.3 e 7.4 si descrivono i relativi schemi di processo.

Figura 7.3: Schema di selezione dei rifiuti provenienti da raccolta differenziata multimateriale

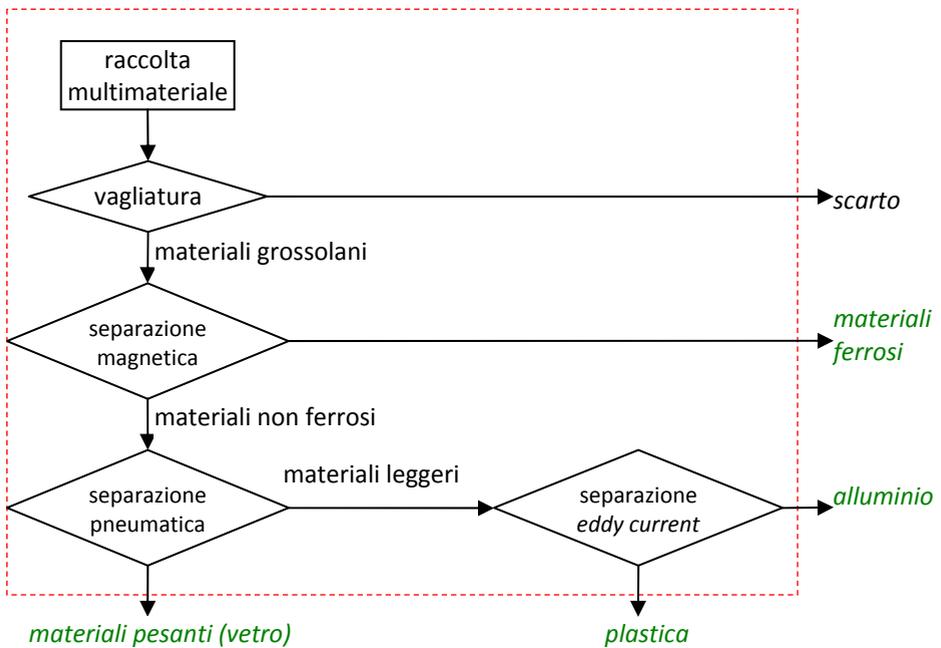
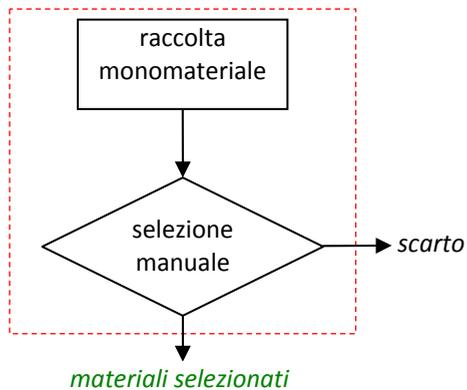


Figura 7.4: Schema di selezione dei rifiuti provenienti da raccolta differenziata monomateriale



In entrambi gli schemi di selezione dei rifiuti, riveste particolare rilevanza la qualità dei materiali selezionati. Infatti, nel caso della raccolta degli imballaggi, ogni consorzio di filiera (Coreve per il vetro, Comieco per la carta, Corepla per la plastica, CNA per l'acciaio, CiAl per l'alluminio e Rilegno per il legno), riconosce al gestore della raccolta (in genere il Comune) un corrispettivo, aggiornato annualmente, sulla base della fascia di qualità raggiunta per le diverse frazioni di imballaggio e per le prestazioni aggiuntive.

7.3 La riduzione di dimensioni

Le operazioni di riduzione di dimensioni nei processi di trattamento finalizzati al recupero e al riciclaggio dei materiali hanno diversi obiettivi: i) preparare i materiali per le successive operazioni di separazione (liberazione dei costituenti), ii) preparare i materiali in funzione degli standard merceologici richiesti sulla distribuzione granulometrica dei prodotti recuperati (La Marca, 2010).

La distribuzione granulometrica del prodotto della comminuzione, in genere, abbraccia un intervallo dimensionale più esteso di quello strettamente necessario.

La presenza – nel prodotto della comminuzione – di frazioni granulometriche di dimensioni non desiderate (fina non trattabili o non impiegabili) comporta sprechi energetici per l'applicazione di azioni di rottura oltre il necessario; tali sprechi sono particolarmente importanti, se si considera l'estensione delle nuove superfici prodotte nella comminuzione alle dimensioni fine.

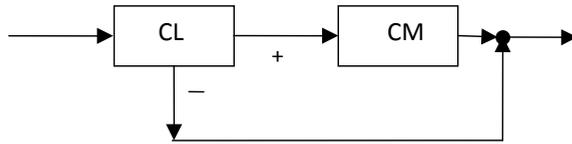
Un'azione insufficiente di comminuzione, inoltre, lascia persistere nel prodotto frazioni granulometriche grossolane, anch'esse indesiderate, perché non trattabili nei processi a valle o non accettate dal mercato.

Ne consegue la necessità di ricorrere a operazioni di classificazione, associate a quelle di comminuzione, per la separazione prima e, in genere, per il riciclo poi delle frazioni granulometriche di dimensioni superiori a quelle ammesse. Gli apparecchi di comminuzione, pertanto, sono spesso inseriti in circuiti con apparecchi di classificazione per il controllo delle caratteristiche granulometriche del prodotto del processo di riduzione di dimensioni, configurando circuiti elementari, aperti o chiusi, come negli esempi riportati in figura 7.5.

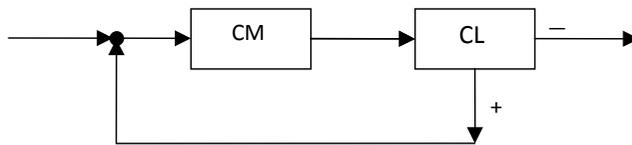
In caso di circuiti chiusi di comminuzione è rilevante determinare la carica circolante, ovvero il peso di materia che rimane all'interno del circuito. Nei circuiti che operano in regime stazionario, non variano nel tempo la massa e le caratteristiche dei prodotti di ogni fase del circuito (per esempio, la percentuale in peso di una frazione granulometrica).

Figura 7.5: Circuiti di comminuzione

circuito aperto



circuito chiuso



Operazioni

CL: classificazione per dimensioni

CM: comminuzione

(-): operazione che scarta una classe granulometrica inferiore a quella di riferimento

(+): operazione che scarta una classe granulometrica superiore a quella di riferimento

7.4 Lo smontaggio

Grande importanza riveste, ai fini della fattibilità ed economicità del processo di riciclaggio e quindi della competitività dei prodotti o materiali recuperati, il tempo necessario al disaccoppiamento dei componenti (La Marca, 2010).

In generale, possono individuarsi *operatori di smantellamento* caratteristici di oggetti costituiti da molti componenti della stessa natura (p.e. materie plastiche).

Tali operatori possono essere definiti a partire da matrici (tabella 7.1) costruite in base alla attribuzione a ogni pezzo del tempo necessario per lo smantellamento e ordinate in funzione del valore crescente del tempo di smantellamento.

Tabella 7.1: Matrici di smantellamento

<i>Etichetta del pezzo</i>	<i>Numero di pezzi</i>	<i>Tempo di smantellamento</i>	<i>Peso di ogni pezzo</i>
T_1	n_1	t_1	p_1
T_2	n_2	t_2	p_2
T_3	n_3	t_3	p_3
...
T_i	n_i	t_i	p_i
...
T_n	n_n	T_n	P_n
Totale	Σn_i	Σt_i	Σp_i

Per ciascun operatore, relativo a pezzi della stessa natura (p.e. materie plastiche), sono calcolati i valori cumulati che possono essere utilizzati per descrivere le funzioni di smantellamento, per l'ottimizzazione del tempo, del ricavo o del costo:

$$f(n, t) = 0$$

$$f(n, p) = 0$$

$$f(t, p) = 0$$

7.5 La separazione e la classificazione

Le operazioni di separazione nei processi di trattamento per il recupero e il riciclaggio possono essere effettuate a secco o a umido, ovvero in presenza di liquido (generalmente acqua) (La Marca, 2010).

Vi è una ampia varietà di metodi industriali di separazione a secco, in funzione delle proprietà delle particelle utilizzate nel processo. Tra i principali si annoverano:

- separazione densimetrica, che può essere realizzata con varie apparecchiature, quali:
 - classificatori ad aria (verticali, orizzontali, a zig-zag);
 - centrifughe e cicloni;
 - tavole a scosse.
- separazione magnetica, che può essere classificata come segue:
 - a bassa intensità;
 - ad alta intensità;
 - per correnti parassite;
- separazione elettrica, che può essere classificata come segue:
 - a effetto corona;
 - triboelettrica;

- mediante metal detector;
- separazione ottica, che può essere classificata come segue:
 - a riflessione;
 - a trasmissione.

Analogamente, anche nella separazione a umido, è presente un'ampia gamma di metodi industriali, in funzione delle proprietà delle particelle utilizzate nel processo. Tra i principali si annoverano:

- separazione in corrente fluida, liquida (acqua) o gassosa (aria);
- separazione densimetrica, che può essere realizzata con varie apparecchiature, quali:
 - separatore a mezzi densi;
 - ciclone;
- separazione mediante crivelli;
- flottazione.

Si definisce classificazione l'operazione di separazione in base alle caratteristiche di dimensioni.

Le operazioni di classificazione per dimensioni nei processi di trattamento per il recupero e il riciclaggio in genere sono effettuati a secco, al fine di eliminare la frazione fine e di individuare determinate classi granulometriche secondo le esigenze del mercato dei prodotti recuperati.

Nella vagliatura, le particelle sono classificate confrontando, con l'aiuto della gravità, la loro dimensione con una griglia metallica, a maglie di forma e dimensione definite in base alle caratteristiche da conferire al prodotto finale. La superficie vagliante può essere inclinata per favorire la movimentazione del materiale da classificare.

Le apparecchiature utilizzate sono di varie tipologie.

La vagliatura può essere:

- statica, mediante:
 - vagli a griglia,
 - vagli a barre,
- dinamica, mediante:
 - vagli rotanti,
 - vagli vibranti.

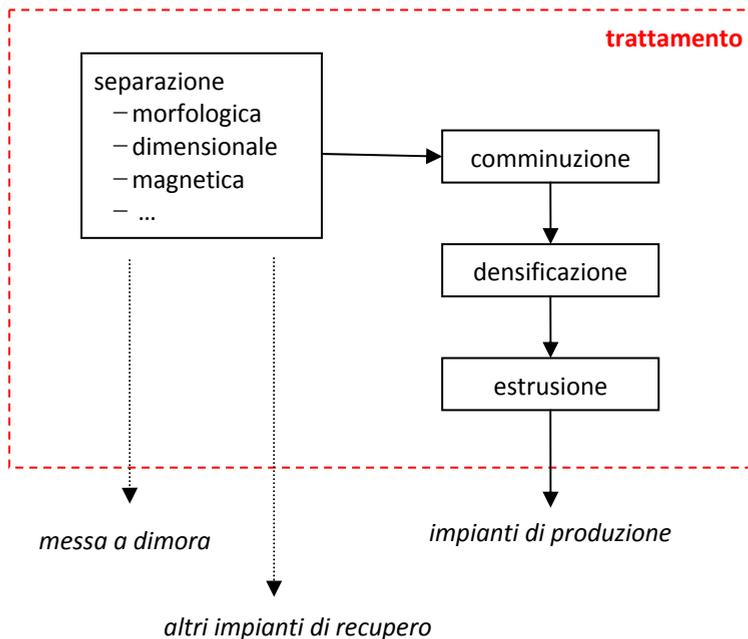
Talvolta la classificazione per dimensioni è realizzata mediante un processo a più stadi.

7.6 Schemi di impianti di recupero e riciclo

7.6.1 Plastica

Il processo di trattamento è finalizzato a recuperare e riciclare materia prima seconda (MPS) a partire da rifiuti in materia plastica, raccolti in modalità differenziata (figura 7.6). I prodotti possono essere composti da miscele eterogenee, costituite da polimeri diversi (riciclo eterogeneo) oppure possono essere composti da una sola tipologia di polimero (riciclo omogeneo) (La Marca, 2010). In quest'ultimo caso il valore di mercato della materia prima seconda è maggiore (Hellerich et al., 1990)²⁹¹.

Figura 7.6: Schema tipo di trattamento per il recupero della plastica



²⁹¹ Hellerich W., Harsch G., Haenle S., *Prontuario delle materie plastiche*, 3^a edizione, Tecniche nuove, Milano, 1990 (Trad. di Giovanni e Nicoletta Baucia).

Il *riciclo eterogeneo* consiste nella lavorazione di un materiale misto, contenente, in genere, rifiuti in PE, PP, PS e PVC, provenienti da vari prodotti. In questo materiale eterogeneo può essere presente, anche se in quantità minime, PET (contenitori per liquidi), inerti, altri imballaggi, metalli (PlasticEurope 2007 e PlasticEurope 2010)²⁹².

Il processo di trattamento è composto, generalmente, da operazioni di (Scheirs, 1998)²⁹³:

- separazione (morfologica, dimensionale e magnetica), per l'eliminazione di materiali estranei eventualmente presenti in alimentazione;
- comminuzione, mediante triturazione, per la frantumazione grossolana del materiale;
- densificazione, per l'aggregazione e l'omogeneizzazione della miscela di materie plastiche mediante l'applicazione di forze di trazione e compressione;
- estrusione, per conferire al prodotto finito una specifica forma.

In base alla lavorazione e al prodotto che si vuole ottenere, si potranno eseguire tutte le fasi o solo alcune.

Nel riciclo eterogeneo possono presentarsi difficoltà di manipolazione, dovute alle differenti temperature di lavorazione dei polimeri miscelati. Questo problema esclude la possibilità d'impiego di plastiche eterogenee per la realizzazione di prodotti di forma complessa o che presentino spessori minimi.

I prodotti ottenuti presentano, però, ottime proprietà meccaniche e buone caratteristiche estetiche, risultando particolarmente idonei ad applicazioni nell'arredo urbano, pavimentazioni da esterni e manufatti per l'edilizia.

Il *riciclo omogeneo* consiste nella lavorazione di un solo tipo di polimero termoplastico, privo di contaminazione da altri polimeri, materiali inerti, cariche o additivi in quantità tale da pregiudicarne la lavorabilità. Per garantire tale omogeneità, successivamente alla fase di raccolta e selezione da materiali estranei (Scheirs, 1998), la materia plastica viene accuratamente separata per tipologia di polimero. A tal fine, le metodologie di separazione che si possono applicare sono diverse, in funzione delle proprietà dei singoli polimeri (PlasticsEurope 2007 e PlasticEurope 2010), tra cui:

- separazione per flottazione, sfruttando le proprietà superficiali delle particelle immerse in un fluido disperdente. Il basso peso specifico delle particelle in materia plastica ($1,5 \div 2,2 \text{ g/cm}^3$) consente la flottazione di particelle

²⁹² PlasticsEurope, *Annual Report 2007. Safeguarding the planet by reaching out*, www.plasticseurope.org, 2007.

PlasticsEurope, *Plastics – the Facts 2010. An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2009*, www.plasticseurope.org, 2010.

²⁹³ Scheirs J., *Polymer Recycling: Science, Technology and Applications*, John Wiley & Sons, Chichester; New York, 1998, 591 pp.

relativamente grandi, dell'ordine di qualche millimetro (contro 100-500 μm per i minerali). Per contro, la separazione delle particelle in materia plastica per flottazione può essere poco selettiva (Shent et al., 1999)²⁹⁴, in quanto quasi tutte le tipologie di materie plastiche hanno valori di tensione superficiale bassi e sono naturalmente idrofobe: la selettività può essere modificata con l'aggiunta di reagenti che agiscono selettivamente nei confronti di una tipologia di materia plastica;

- separazione per densità, mediante un fluido, generalmente acqua, di densità intermedia tra le frazioni da separare. Nel caso delle materie plastiche, molte tipologie hanno densità molto simili (come, ad esempio PET e PVC) e non possono essere separate per densità;
- separazione elettrostatica, mettendo a contatto le superfici di materie plastiche diverse e sfruttando lo scambio di cariche elettrostatiche tra esse, in funzione della posizione relativa nella sequenza di caricamento triboelettrico. Tramite un conduttore carico, è possibile attrarre la materia plastica con carica di segno opposto, ottenendo quindi la separazione desiderata;
- separazione con tecniche spettroscopiche, sfruttando le diverse risposte ad un determinato intervallo dello spettro elettromagnetico. Nello spettro del visibile (400 – 700 nm), si possono separare le diverse materie plastiche in base a caratteristiche di colore e trasparenza. Nello spettro del vicino infrarosso (NIR, 700 – 1400 nm), si possono separare le diverse materie plastiche in base all'assorbimento differenziale della radiazione, in funzione della composizione dei polimeri. La radiazione alla frequenza dei raggi X (<10 nm) induce l'eccitazione degli atomi di cloro presenti in alcune materie plastiche (nel PVC, ad esempio), che restituiscono l'energia acquisita sotto forma di fluorescenza;
- separazione in base alla temperatura di fusione, utilizzando un nastro trasportatore riscaldato a una temperatura intermedia tale che una tipologia di materia plastica inizi a fondere aderendo al nastro, mentre l'altra frazione, rimanendo solida, è prelevata al termine del nastro.

Una volta separati, i diversi polimeri vengono avviati alle successive fasi di lavorazione:

- comminuzione mediante triturazione, per la frantumazione grossolana del materiale;
- lavaggio, per l'eliminazione di eventuali contaminazioni e impurità presenti, in uno o due passaggi;
- comminuzione mediante macinazione, per la riduzione ulteriore delle dimensioni;
- ulteriore lavaggio ed essiccamento;
- densificazione, per l'aggregazione e l'omogeneizzazione della miscela di

²⁹⁴ Shent H., Pugh R.J., Forssberg E., "A review of plastics waste recycling and the flotation of plastics", in *Resources, Conservation and Recycling*, 25, pp. 85–109, 1999.

- materie plastiche mediante l'applicazione di forze di trazione e compressione; estrusione, trafilatura e/o granulazione, per conferire al prodotto finito una specifica forma.

Anche per il riciclo omogeneo, in base alla lavorazione e al prodotto che si vuole ottenere, si potranno eseguire tutte le fasi o solo alcune.

La fase di comminuzione è realizzata mediante triturazione con apparecchiatura idonea in funzione della tipologia di materiale da trattare (film, bottiglie, pezzi stampati di grosse dimensioni ecc.).

L'operazione di triturazione produce la frantumazione grossolana del materiale per ottenere una distribuzione di dimensioni omogenea, anche se irregolare per forma, necessaria per migliorare la lavorabilità del materiale. A seguito della frantumazione il materiale subisce una riduzione del volume iniziale, particolarmente evidente quando si tratta di corpi cavi, a profilo sia chiuso che aperto, ottenendo rapporti di riduzione del volume molto elevati (in genere superiore a 1:5).

Il lavaggio è eseguito nel caso in cui sia necessario separare eventuali contaminazioni e impurità presenti, dannose alla successiva fase di trasformazione. In base alle caratteristiche del polimero trattato e al settore di provenienza sono stati sviluppati diversi sistemi di lavaggio. Il sistema più diffuso è quello che prevede il passaggio del materiale triturato in una vasca in cui è mantenuta una corrente d'acqua, additivata, se necessario, talvolta riscaldata a una temperatura fino a 80 °C. Il materiale convogliato nella vasca è trascinato dalla corrente verso l'uscita della vasca. Durante il lavaggio si attua un'energica agitazione meccanica per favorire il distacco di tutte le impurità. Sul fondo sono raccolti le impurità con densità maggiore di quella dell'acqua. Questo sistema di lavaggio è valido per i polimeri a densità inferiore di 1 g/cm³, in prevalenza poliolefine. Per gli altri polimeri, il lavaggio avviene mediante passaggio del materiale su un nastro trasportatore sul quale viene spruzzata acqua, tal quale o additivata.

Per garantire una corretta pulizia in taluni impianti è disposta una seconda vasca di lavaggio a freddo, indispensabile per eliminare le tracce di additivi presenti nel primo lavaggio.

Per i prodotti in cui sono presenti etichette adesive, si ricorre al trattamento con soluzioni basiche (in genere idrossido di sodio, NaOH, al 2%) o solventi a bassa tossicità (quali tetracloroetilene, TCE, o esano) al fine di consentire la separazione dell'etichetta e della colla. In fase di trasformazione, infatti, il materiale dell'etichetta può risultare incompatibile con il polimero costituente il prodotto. Inoltre, la presenza, anche in piccole quantità, di altri polimeri o materiali inerti sul prodotto lavato può limitare l'efficienza delle successive fasi di trasformazione.

La fase di lavaggio termina con la rimozione dell'umidità in eccesso mediante centrifugazione ed essiccamento.

Il prodotto proveniente dall'operazione di lavaggio è convogliato in un mulino macinatore che ha lo scopo di ridurre ulteriormente la pezzatura del materiale. Questa operazione è eseguita di solito per i manufatti rigidi (stampati). Per manufatti morbidi quali film e foglie la macinatura avviene dopo l'operazione di essiccamento. È importante che il prodotto proveniente dal lavaggio non contenga parti metalliche o altro materiale che possa compromettere l'efficacia del mulino.

Il materiale macinato può essere sottoposto a un eventuale ulteriore lavaggio, in seguito al quale è alimentato a un sistema di presse a vite o centrifugato per la separazione dell'acqua libera. Il prodotto in uscita contiene solo acqua adsorbita alla superficie, pari al 15-20% in peso. L'ulteriore essiccamento del macinato viene effettuato in corrente d'aria calda o gas combustibili, a mezzo di essiccatori verticali a zig-zag o centrifughi per raggiungere un contenuto residuo di acqua dell'ordine del 2-3% in peso, compatibile con la lavorazione successiva.

La densificazione, combinando azione termica e meccanica, consente di ridurre il volume del materiale macinato, per mezzo di riscaldatore e raffreddatore, per ottenere particelle di plastica lavorabili dall'estrusore.

Con l'operazione di estrusione, il materiale densificato viene inviato in apposite apparecchiature, dove subisce una miscelazione e un riscaldamento a temperatura di circa 180 °C, che induce una plasticizzazione per frizione tale da consentirne lo stampaggio.

La trafilatura è un'operazione che consiste nel passaggio forzato, a caldo o a freddo, del materiale plastico attraverso un foro calibrato di varia forma, in modo da ridurne la sezione e aumentarne in maniera corrispondente la lunghezza.

La granulazione è un'operazione per la formazione del granulo che verrà utilizzato per le successive applicazioni. Il materiale è alimentato in un estrusore munito di una piastra forata con fori del diametro finale desiderato. Il polimero fuso uscente dalla filiera è tagliato a distanza da una taglierina trasversale, dopo raffreddamento dei fili estrusi in vasca ad acqua (taglio a freddo) o da un sistema di coltelli rotanti a contatto della filiera stessa, in ambiente ad acqua nebulizzata (taglio a caldo).

In Italia, operano diversi impianti che eseguono le diverse fasi del processo di trattamento per recupero delle materie plastiche, dalla selezione al riciclo vero e proprio.

A Roma, l'impianto della Remaplast²⁹⁵ costituisce un centro per la selezione automatica, che, attraverso il Corepla (Consorzio Nazionale per la raccolta, il riciclaggio e il recupero dei rifiuti di imballaggi in plastica) recepisce gli imballaggi in plastica raccolti nel Lazio, ammontanti a circa 40.000 t/a, suddividendoli e preparandoli per il processo di riciclo presso altri impianti specializzati.

²⁹⁵ Remaplast srl. www.remaplast.net

Alla fine del trattamento automatico, sono presenti nastri di cernita manuali per la verifica finale di conformità alle specifiche richieste dei materiali prodotti in uscita. Tali prodotti vengono pressati e inviati presso impianti di trattamento per il riciclo in materia prima seconda.

La selezione, avviene per tipo di polimero e, nel caso dei contenitori per liquidi PET, anche per colore. Successivamente il materiale viene imballato e stoccato per essere avviato agli impianti di riciclo.

A Montello (BG), opera, invece, un impianto, gestito dalla società Montello²⁹⁶, che integra le operazioni di selezione e di riciclo (Figura 7.8).

La linea di selezione è alimentata con rifiuti plastici sia post-consumo, provenienti principalmente dalla raccolta differenziata. Dopo la fase di controllo, sia documentale che di conformità del rifiuto alle specifiche richieste, il materiale viene avviato ad un'apparecchiatura a cesoia per le operazioni di disimballo e lacerazione dei sacchi. Dopo aver subito una cernita manuale per eliminare materiali estranei grossolani (carta, vetro, ceramiche ecc.) il materiale viene convogliato mediante nastro trasportatore alla fase di vagliatura, per l'eliminazione della frazione fine (inferiore a 50 mm) destinato alla linea produzione di Combustibile Derivato da Rifiuti (c.d. CDR), che prevede una separazione degli elementi metallici ferrosi e non ferrosi, da avviare a specifici impianti di recupero, e una fase di macinazione. Il materiale di dimensioni superiori a 50 mm, viene separato per flottazione in una frazione leggera (costituita principalmente da film sottili in LDPE). Il restante materiale viene inviato ad un separatore a raggi infrarossi, che riconosce la tipologia di polimero e separa gli imballaggi in PET (principalmente bottiglie per bevande) da quelli in HDPE (principalmente flaconi per liquidi).

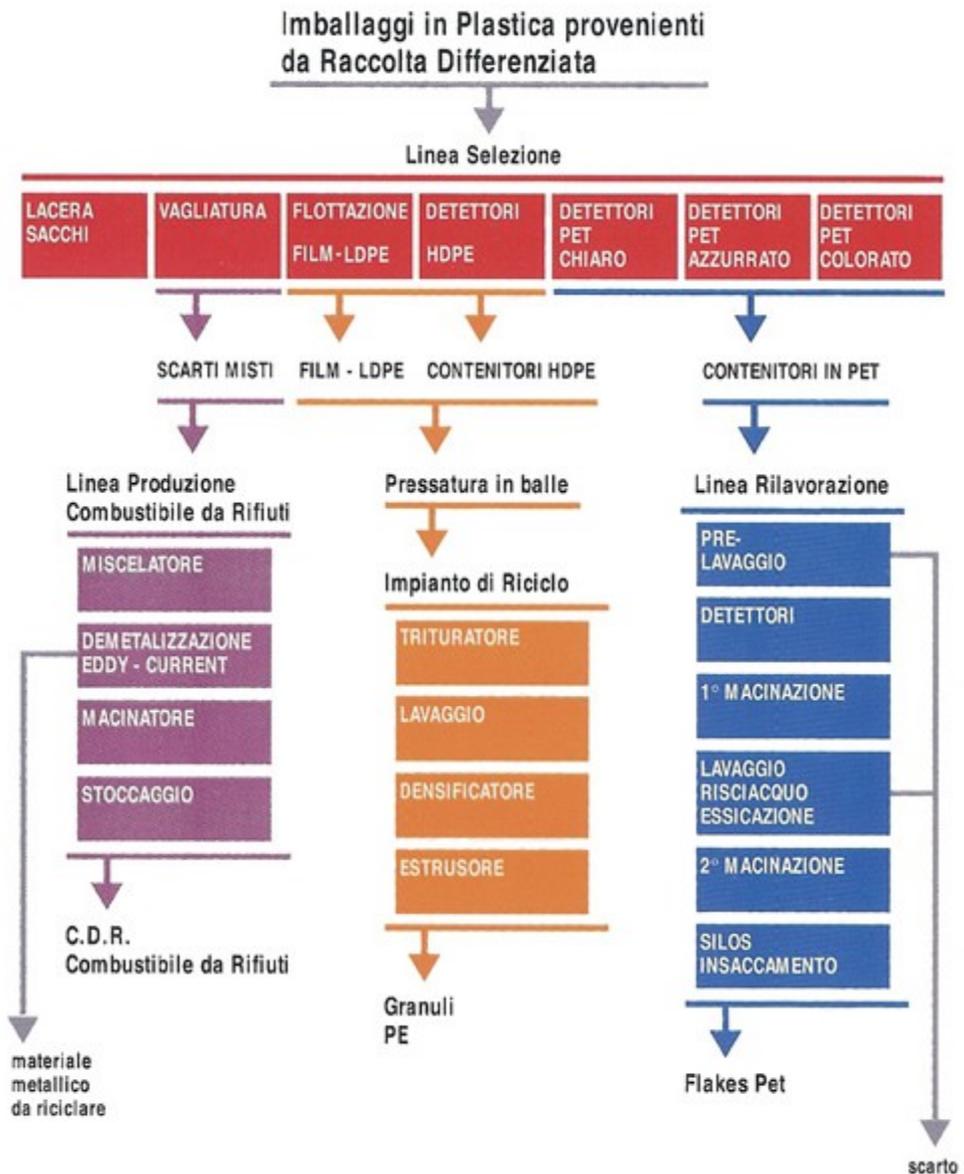
I flussi in PE (sia LDPE che HDPE) vengono convogliati separatamente ad una linea di rilavorazione dedicata. Il flusso in PET, invece, viene sottoposto a ulteriore separazione, mediante detettori per il riconoscimento del colore, separando, in particolare tre flussi: PET chiaro, PET azzurrato e PET colorato. I tre flussi vengono avviati separatamente alla specifica linea di rilavorazione del PET. In definitiva, dalla linea di selezione originano 5 flussi distinti: LDPE, HDPE e PET nelle tre varianti di colorazione.

La linea di rilavorazione del PE prevede le seguenti operazioni: triturazione effettuata mediante un mulino a coltelli, lavaggio, separazione gravimetrica e risciacquo, asciugatura, densificazione e infine estrusione in granuli. Il flusso di materiale (LDPE o HDPE) proveniente dalla fase di selezione viene convogliato al mulino a coltelli, che ne riduce la pezzatura a dimensioni inferiori a 20 mm. Dopo la fase di triturazione, il materiale viene inviato ad una vasca di lavaggio in acqua calda a 80 °C in soluzione di idrossido di sodio (NaOH) al 2%, dove avviene anche la separazione gravimetrica. Grazie all'azione di una serie di rulli, si realizza,

²⁹⁶ Montello SpA. www.montello-spa.it

infatti, la separazione tra il materiale a densità inferiore a 1 g/cm^3 (quale, in questo caso, LDPE o HDPE, di densità compresa, rispettivamente, tra $0,915$ e $0,935 \text{ g/cm}^3$ e tra $0,936$ e $0,960 \text{ g/cm}^3$), che tende a galleggiare, e il materiale a densità superiore, che tenderà a sedimentare sul fondo della vasca dotata di un

Figura 7.8: Schema del processo di trattamento per il recupero della plastica – Montello SpA, stabilimento di Montello (BG)



Fonte: Montello SpA, stabilimento di Montello (BG)

dispositivo automatico per provvedere alla periodica estrazione dei depositi. Il materiale, dopo una fase di deumidificazione, viene immesso in alimentazione forzata nel densificatore, che determina l'aumento della densità apparente del materiale mediante combinazione di azioni termiche e meccaniche e consente l'eliminazione dell'umidità residua della fase di deumidificazione. Quindi, il materiale viene convogliato ad un estrusore per la produzione di granuli, che vengono immagazzinati in silos, insacchettati e commercializzati come materia prima seconda.

La linea di rilavorazione del PET prevede le seguenti operazioni: prelavaggio, separazione per tipologia di polimero, prima macinazione, lavaggio, risciacquo ed essiccazione, seconda macinazione e stoccaggio in silos. Il prelavaggio è effettuato in acqua calda a 80 °C in soluzione di idrossido di sodio (NaOH) al 2%, mediante l'azione dinamica di acqua e rotore, per la rimozione di contaminanti (etichette residue, colla, inquinanti organici, pietrisco, terra e metalli). Il trattamento procede con l'eliminazione di frazioni di polimeri diversi (in particolare PVC) mediante detettore ottico nel vicino infrarosso (NIR), e quindi con la prima macinazione mediante mulino trituratore, per la riduzione del materiale ad una pezzatura di circa 20 mm. All'uscita del mulino, il materiale viene in una vasca, dove si effettua lavaggio e risciacquo, nonché una separazione gravimetrica, atta a separare i materiali con densità minore di 1 g/cm³ (come, ad esempio, i tappi in PE delle bottiglie) da quelli con densità maggiore di 1 g/cm³ (in questo caso, PET, di densità compresa in un *range* tra 1,3 e 1,4 g/cm³), grazie all'azione di una serie di rulli, come visto nella linea di rilavorazione del PE. Subito dopo la vasca, il materiale, dopo l'eliminazione di parte dell'acqua, viene avviato alla seconda fase di macinazione, effettuata con lo stesso tipo di mulino trituratore, equipaggiato, però, con griglia forata con aperture di 8 mm. Il materiale uscente, costituito principalmente da scaglie in PET, viene sottoposto ad un processo di deumidificazione mediante centrifugazione e quindi viene immagazzinato in silos, pronto per l'insacchettamento e la commercializzazione come materia prima seconda.

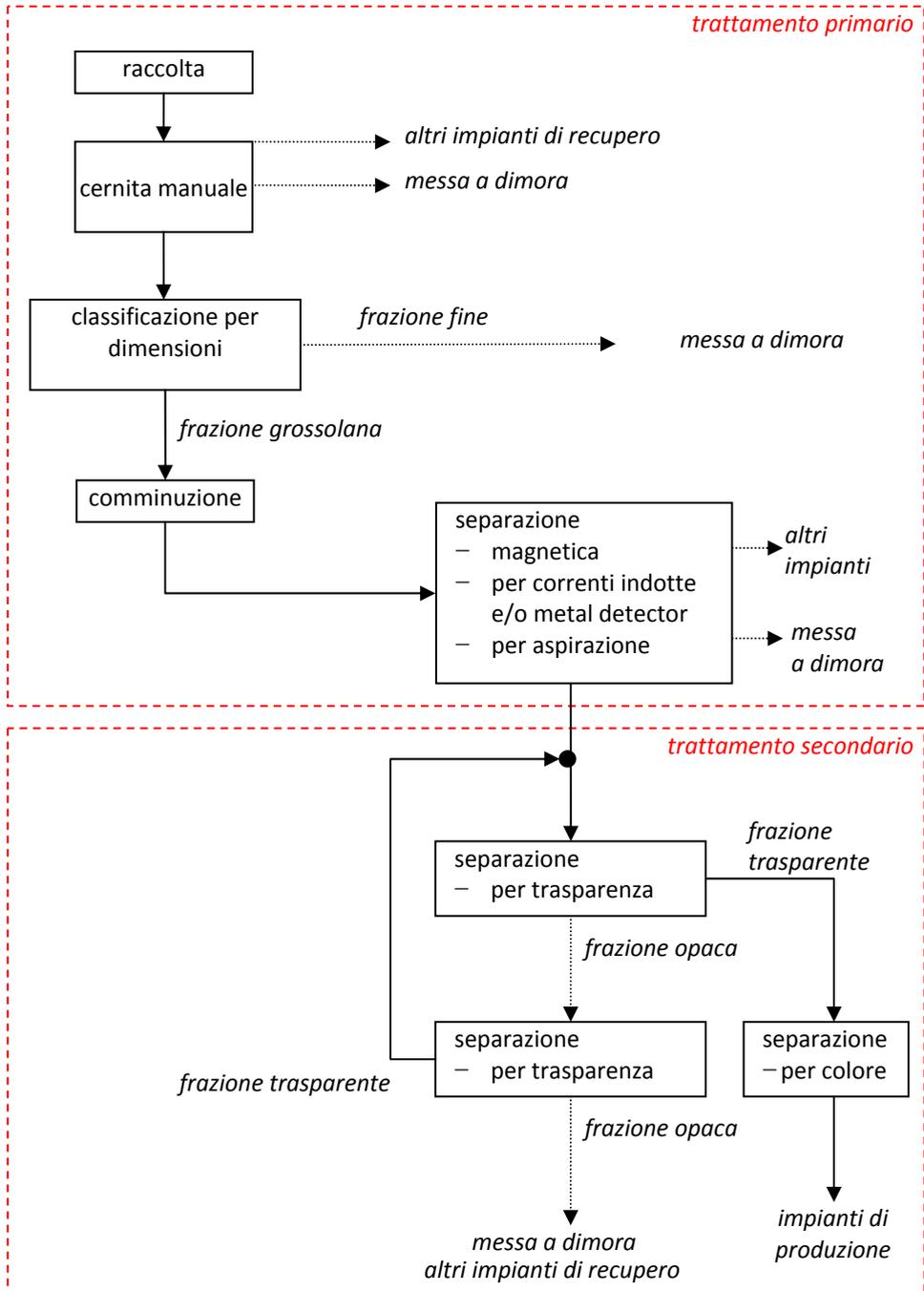
Entrambe le linee di rilavorazione si completano con il trattamento, ricircolo e smaltimento dell'acqua di processo.

7.6.2 Vetro

Il processo di recupero del vetro proveniente dalla raccolta differenziata è finalizzato a eliminare le frazioni di materiali estranei e impurità, anche rilevanti, che contiene, quali carta, plastica, materiali ceramici, materiali metallici ferrosi e non (La Marca, 2010).

Lo schema di processo prevede, generalmente, due fasi di trattamento, secondo lo schema tipo riportato in figura 7.9: un trattamento primario, finalizzato a eliminare dal rottame le frazioni estranee, e un trattamento secondario, finalizzato alla raffinazione delle caratteristiche del rottame di vetro e la separazione per colore, per ottenere una materia prima seconda di maggior valore economico.

Figura 7.9: Schema tipo di trattamento per il recupero del vetro



Le operazioni che costituiscono il trattamento primario sono di seguito elencate:

- cernita manuale degli inquinanti di grosse dimensioni (ceramica, porcellana, pietre corpi metallici, plastica);
- classificazione per dimensioni in 2-3 frazioni, eventualmente sottoposte a ulteriore cernita manuale;
- comminuzione delle frazioni grossolane, al fine di garantire l'assenza di frammenti di grandi dimensioni nelle fasi successive di lavorazione, evitando, però, di produrre eccessive quantità di fini;
- separazione magnetica, mediante elettrocalamite e/o magneti, per l'eliminazione dei metalli ferrosi;
- separazione mediante correnti indotte o metal detector, per l'eliminazione dei metalli non ferrosi (alluminio, piombo, rame ecc.);
- separazione ad aria, per l'aspirazione di elementi leggeri (carta, plastica, legno ecc.).

Le operazioni che costituiscono il trattamento secondario sono di seguito elencate:

- separazione per proprietà ottiche di trasparenza, per l'eliminazione dei corpi opachi, consentendo lo scarto di prodotti non fusibili, quali ceramica, porcellana, sassi, metalli ecc.; possono essere previste più unità di separazione in serie, in funzione del livello di raffinazione da raggiungere;
- separazione per proprietà ottiche di colore;
- cernita manuale inquinanti (ceramica, pietre, metalli), per l'eliminazione definitiva di piccoli residui di ceramica, pietre e metalli ancora presenti malgrado le precedenti operazioni.

Le caratteristiche di qualità del rottame di vetro devono essere certificate per assicurare il rispetto degli standard merceologici in termini di presenza di contaminazione da materiali estranei, che possono dare problemi nel reimpiego nella fase di produzione, quali:

- infusi nel vetro, per la presenza di materiali metallici ferrosi e non ferrosi, ceramici e refrattari;
- fenomeni di corrosione di parti del forno, per la presenza di frazioni fini e di materiali metallici ferrosi e non ferrosi;
- difficoltà nel controllo della fusione in vetreria, per la presenza di inquinanti organici.

7.6.3 Metallo

Il processo di riciclo dei metalli si opera su diverse tipologie di rottami, quali carrozzerie di veicoli a fine vita, conferite all'impianto tramite centri autodemolitori dopo bonifica e pressatura in pacchi, carcasse di elettrodomestici post-consumo in genere (lavatrici, scaldabagni, stufe ecc.), rottami di ferro

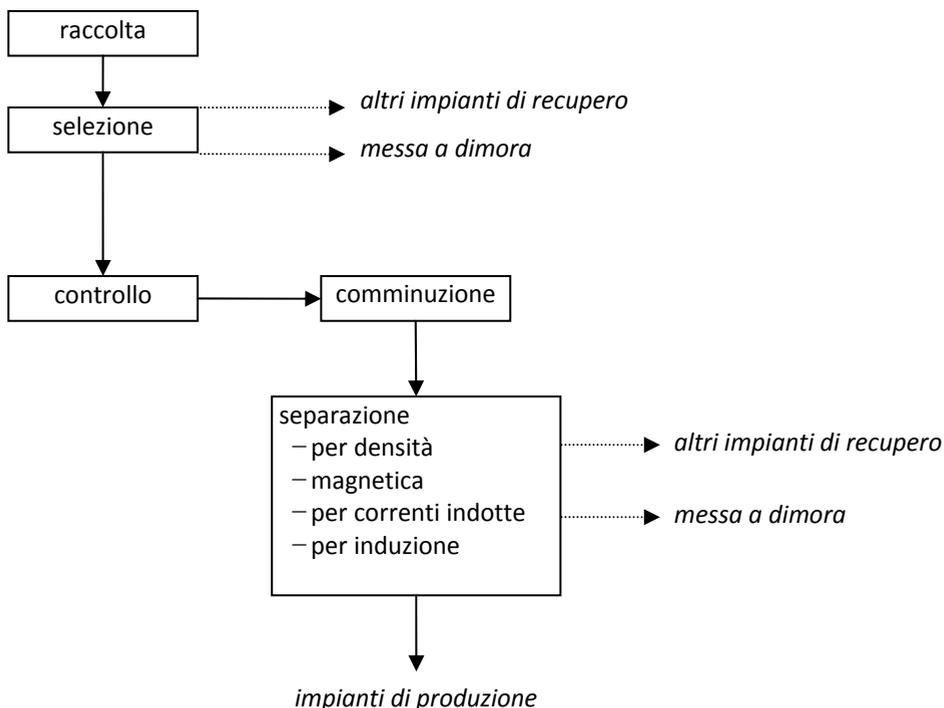
provenienti da demolizione industriale, da macchinari obsoleti e dalla raccolta differenziata di ferro misto (La Marca, 2010).

Lo schema di trattamento (figura 7.10) prevede una fase di comminuzione per frantumazione mediante mulino a martelli, successivamente ad una fase di selezione, per l'individuazione di materiali estranei, inviati a recupero presso altri impianti oppure messi a dimora per lo smaltimento, e una fase di controllo per la verifica della conformità dei rottami al trattamento.

L'operazione di comminuzione può eventualmente essere preceduta da pre-macinazione, che, lacerando il rottame, consente di migliorare l'efficienza della comminuzione e di separare materiali potenzialmente pericolosi (ad esempio, serbatoi non bonificati) ancora presenti nei pacchi in ingresso. In tal modo si preserva l'apparecchiatura per la comminuzione da eventuali shock dovuti a scoppi, esplosioni ecc., si riducono e ottimizzano i consumi energetici di produzione dell'impianto di macinazione; inoltre, alimentando il materiale in pezzatura omogenea, si rende costante la richiesta di potenza e si riduce l'usura del mulino.

All'uscita dalla frantumazione, è necessario depolverizzare il materiale prima delle successive fasi di separazione. L'abbattimento delle polveri è realizzato mediante ciclone, filtro e/o *scrubber*. Dopo l'eliminazione delle particelle fini, il rottame viene sottoposto ad una serie di operazioni di separazione, come di seguito descritte:

Figura 7.10: Schema tipo di trattamento per il recupero dei metalli



- separazione per densità: le frazioni leggere (carta, frammenti di tessuto, gomme, terra, alcune tipologie di plastiche. ecc.) vengono separate facendo passare il materiale in un condotto attraversato da un flusso di aria in controcorrente;
- separazione magnetica: sulle frazioni pesanti, invece, si effettua una selezione per proprietà magnetiche, che individua i metalli ferrosi mediante elettrocalamita oppure magneti permanenti, montati su tamburo o su nastro;
- separazione per correnti indotte: è costituita da un sistema comprendente un magnete permanente in rotazione all'interno di un tamburo, che genera un campo magnetico variabile ad alta frequenza, che, a sua volta, crea delle correnti indotte nei materiali metallici non ferrosi; tali correnti danno origine ad un campo magnetico opposto a quello che lo ha generato, risultando, così, una forza di repulsione che tende ad allontanare tali materiali dalla sorgente del campo magnetico. Tale operazione di separazione può essere applicata sul materiale di scarto della separazione magnetica, costituito da un misto di gomma, plastiche pesanti e metalli non ferrosi;
- separazione per induzione magnetica: è costituita da un sistema comprendente da una bobina percorsa da corrente, che, al passaggio di una particella metallica, subisce un cambiamento di tensione per effetto della risonanza induttiva; tramite un sensore in collegamento con un processore, viene azionato un ugello in posizione corrispondente che emette un getto d'aria compressa che colpisce la particelle metallica individuata. Tale operazione di separazione può essere applicata sul materiale di scarto della separazione magnetica, costituito da un misto di gomma, plastiche pesanti e metalli non ferrosi.

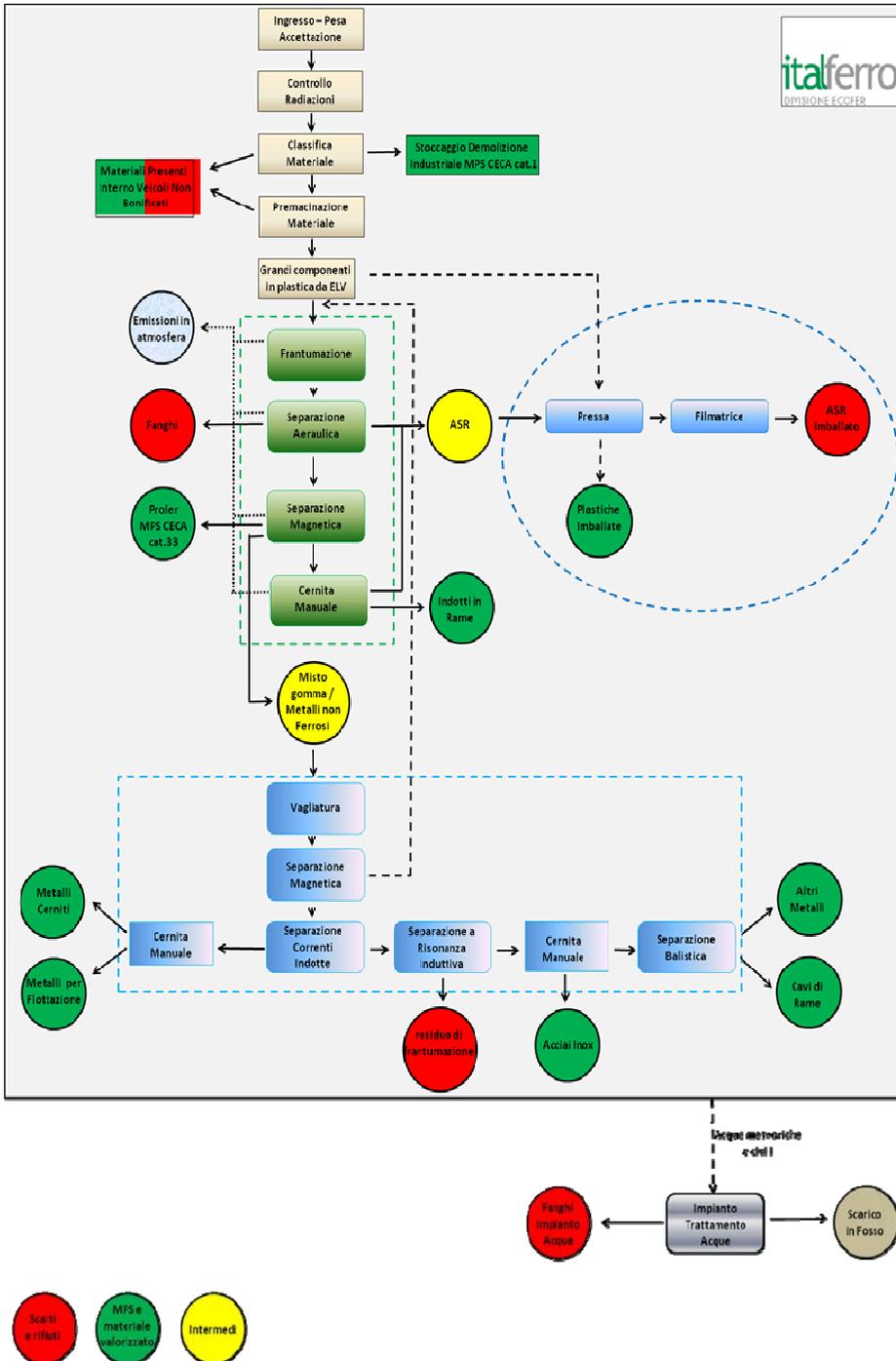
I prodotti che si possono recuperare dallo schema di trattamento dei rottami metallici sono, quindi metalli sia ferrosi che non ferrosi, mentre gli scarti sono rappresentati da materiale leggero grossolano (il c.d. *car-fluff* o ASR – *Automobile Shredder Residue*) oltre alle polveri in uscita dal ciclone e al fango in uscita dallo scrubber.

In Italia, ad oggi il Gruppo Fiori (www.gruppofiori.it) è una delle più importanti realtà nella filiera del recupero e riciclo dei metalli, dalla raccolta dei rottami alla fornitura di metalli recuperati. Il Gruppo Fiori opera attraverso due stabilimenti, siti a Bologna (stabilimento Italmetalli srl) e a Roma (stabilimento Italterro srl, Divisione Ecofer).

Lo schema del processo di trattamento operato presso lo stabilimento Italterro srl di Roma è illustrato in figura 7.11. Il materiale in ingresso è costituito da rottame metallico da autodemolizione, pressato in pacchi, da imballaggi da rifiuti solidi urbani, da rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), per un input annuale di circa 360.000 t di rottame.

Il materiale in ingresso viene sottoposto a controllo radiometrico, documentale e visivo per accertarne la conformità. Quindi, il materiale pressato in pacchi viene

Figura 7.11: Schema del processo di trattamento per il recupero dei metalli – Gruppo Fiori, stabilimento Italferro di Roma



premacinato, in un'apparecchiatura costituita da due ruote dentate, ruotanti a diversa velocità angolare in verso opposto. La lacerazione del rottame prima dell'ingresso nel frantumatore ha lo scopo di migliorarne l'efficienza e di separare materiali potenzialmente pericolosi presenti nei pacchi.

Il materiale premacinato viene alimentato in continuo al frantoio tramite un nastro trasportatore ad asse inclinato, composto da una catena di acciaio, con velocità variabile. Di seguito è posto un dispositivo di alimentazione costituito da 2 rulli montati su uno scivolo inclinato a 40° con la funzione di comprimere il materiale e contemporaneamente di regolare il flusso in alimentazione al frantoio.

La frantumazione è operata da un mulino a martelli (tipo NEWELL 981 04 TDB) costruito in acciaio ad alta resistenza. Il rotore è composto da un albero su cui sono montati i martelli in acciaio al manganese. Il movimento rotatorio consente ai martelli, sottoposti alla forza centrifuga, di uscire dalla loro sede per colpire il materiale per poi ritornarvi. Il martello sottoposto a usura, considerati i quantitativi lavorati, ha un tempo di vita stimato di sei giorni, ma nell'intermedio devono essere smontati e rigirati in modo tale da sfruttare entrambi i lati. Il tutto è contenuto nella cassa del frantoio, anch'essa in acciaio al manganese. Nella parte superiore e in quella inferiore sono montate delle griglie per assicurare che il materiale frantumato venga scaricato in continuo una volta raggiunte le dimensioni volute.

Il rottame frantumato in uscita dalla camera di frantumazione è sottoposto a depolverizzazione, mediante un ciclone e uno *scrubber*.

Per eliminare la frazione leggera, il rottame viene sottoposto a separazione aeraulica, facendo passare il materiale in un condotto attraversato da un flusso di aria in controcorrente che trascina via l'aria carica di carta, frammenti di tessuto, gomme e terra, che costituisce il c.d. *fluff* (o ASR – *Automobile Shredder Residue*), il quale, dopo un'ulteriore fase di depolverizzazione, viene pressato, imballato, e inviato a smaltimento in discarica per rifiuti speciali.

La frazione pesante, costituita principalmente da metalli ferrosi e non ferrosi, e da gomme e plastiche pesanti, subisce una separazione magnetica per individuare il metallo ferromagnetico. Tale separazione viene effettuata su un tamburo magnetico. Il metallo ferromagnetico recuperato viene infine sottoposto a selezione manuale per l'eliminazione dei componenti in rame (avviati a recupero) e di altri materiale estranei da inviare a smaltimento. Il prodotto finale è una materia prima seconda, denominata *proler*.

Il materiale scartato dall'operazione di separazione magnetica è avviato ad una seconda linea di trattamento per il recupero dei metalli non ferrosi. Tale linea prevede una vagliatura mediante vaglio rotante a tre stadi, che consente di ottenere quattro frazioni granulometriche: tra 0 e 20 mm, tra 20 e 40 mm, tra 40 e 70 mm e maggiore di 70 mm. Il processo procede quindi in parallelo sulle diverse frazioni granulometriche.

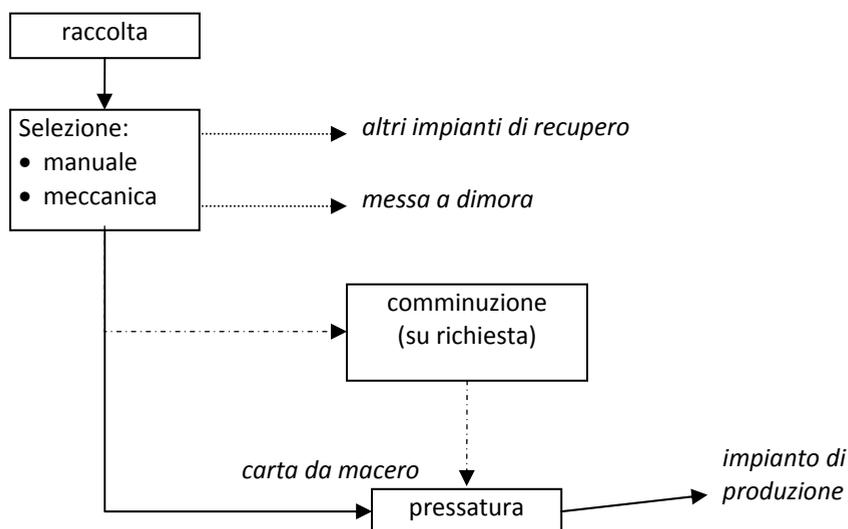
Il materiale ferromagnetico eventualmente ancora presente viene separato mediante tamburi magnetici e rinviato alla fase di frantumazione. Il materiale non ferromagnetico viene inviato ad un separatore per correnti indotte, che seleziona le particelle metalliche non ferrose. Il materiale scartato contiene ancora acciaio inox, cavi di rame e altri metalli, talvolta legati a plastiche o gomme. Tale materiale viene inviato ad un separatore a risonanza induttiva per l'identificazione e la separazione dei metalli ancora presenti. Infine, la linea di trattamento prevede una cabina per la separazione manuale di alluminio, rame, ottone e piombo.

7.6.4 Carta

La materia prima secondaria che può essere recuperata da rifiuti in materiali cellulosici è costituita dalle fibre di cellulosa di lunghezza compresa nell'intervallo 4 - 7 mm. Il processo per il riciclo della carta, e in genere dei rifiuti di materiali cellulosici, prevede diverse lavorazioni (La Marca, 2010).

La fase preparatoria si realizza in genere presso una piattaforma dedicata, dove vengono trasportati mediante mezzi compattatori i rifiuti in materiali cellulosici raccolti in modalità differenziata. Presso la piattaforma si effettuano le prime operazioni di selezione, finalizzate alla rimozione dei materiali estranei (figura 7.12). In particolare si effettua la rimozione degli erronei conferimenti, mediante cernita manuale e la deferrizzazione, mediante separazione magnetica. La triturazione viene effettuata su richiesta solo in caso di documenti riservati, in quanto determina una perdita delle fibre utilizzabili riducendone la lunghezza. Il rifiuto selezionato in uscita dalla fase preparatoria viene definito "carta da macero"

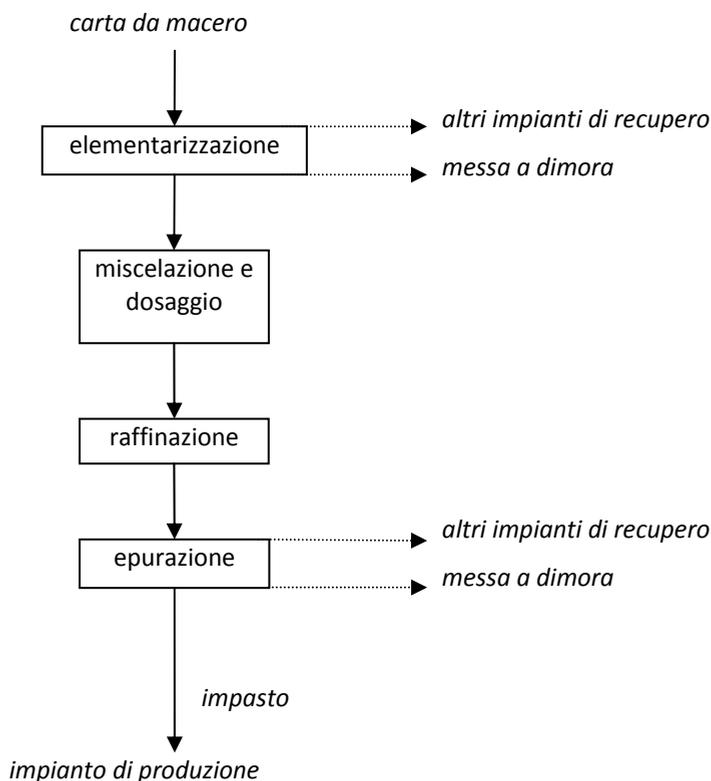
Figura 7.12: Schema tipo per la raccolta e la lavorazione della carta da macero



e, previa rilegatura in balle, è trasportato presso l'impianto dove avvengono le successive lavorazioni. L'efficienza della fase di selezione incide sulle qualità conferite alla carta da macero e, di conseguenza, sul trattamento per il recupero vero e proprio, realizzato nella fase successiva (figura 7.13).

Nella fase successiva alla selezione, denominata elementarizzazione, si effettua il recupero delle fibre di cellulosa dalla carta da macero mediante la preparazione degli impasti, costituiti da materiale fibroso in sospensione acquosa. L'elementarizzazione avviene mediante spappolamento in acqua della carta da macero in un apparecchio detto *pulper*. Tale apparecchio è costituito da una vasca contenente acqua e da una girante posta sul fondo e dotata di lame. Il moto vorticoso creato dalla girante provoca lo sfaldamento dei fogli riducendoli in fibre elementari. Nel *pulper* si realizza anche la liberazione di parte dei materiali estranei, quali plastica, elementi metallici ecc., che possono così essere separati dalle fibre di cellulosa. Il prodotto finale di questa fase è una sospensione intorno al 4-8% circa di fibre cellulosiche in acqua, denominata, appunto, impasto. In questa fase inizia anche la separazione delle particelle di inchiostro dalle fibre di

Figura 7.13: Schema tipo del processo produttivo della carta



cellulosa. La disinchiostrazione avviene mediante un processo di flottazione, sfruttando le diverse proprietà superficiali delle fibre cellulosiche e delle particelle minerali di cui è costituito l'inchiostro (van de Ven et al., 2001)²⁹⁷.

Gli impasti dopo l'elementarizzazione contengono le fibre di cellulosa recuperate, che necessitano di ulteriori trattamenti prima di essere impiegate per la produzione di nuovi manufatti. Tali trattamenti prevedono:

- miscelazione all'impasto di cariche e additivi, per conferire determinate proprietà al prodotto finale di carta, portando la diluizione a valori elevati (circa 1% in fibre); il dosaggio, dovendo essere molto accurato, avviene con dosatori automatici;
- raffinazione, in cui si applica sforzi di taglio alle fibre di cellulosa, che consentono di aumentare i legami tra le fibre per conferire solidità e resistenza nel foglio; le apparecchiature utilizzate in questa operazione sono i raffinatori e i depastigliatori;
- epurazione, per eliminare eventuali impurità mediante filtrazione o separazione in un ciclone idraulico.

L'impasto fibroso ottenuto dalle lavorazioni fin qui descritte può essere portato su un macchinario, la cosiddetta macchina continua, che applica tutte le ulteriori operazioni necessarie per la formazione del foglio.

Generalmente le lavorazioni, dalla elementarizzazione alla formazione del foglio, vengono realizzate in uno stesso impianto di produzione, ad esempio una cartiera.

²⁹⁷ van de Ven T. G. M., Sauve C.P., Garnier G., "Deinking of recycled fibers in a flotation flow loop", in *Colloids and Surfaces - A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 192, pp. 53–60, 2001.

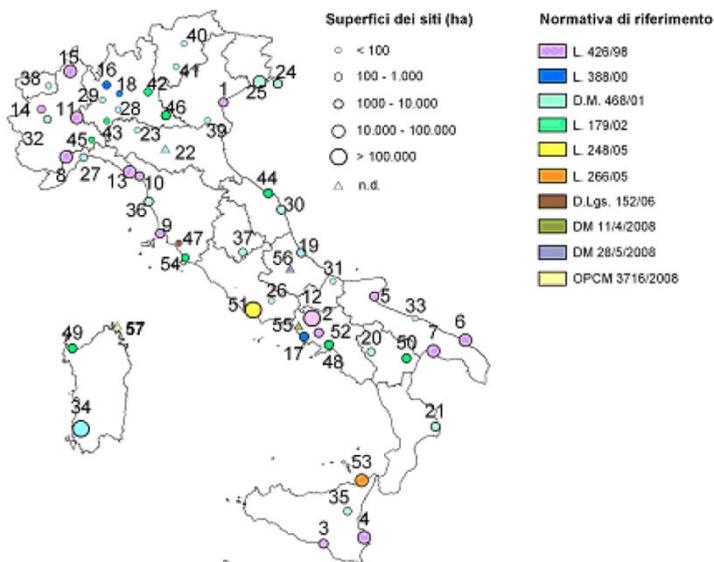
8 TECNOLOGIE PER LA BONIFICA E RIQUALIFICAZIONE

8.1 Introduzione

Il prezzo dell'industrializzazione, che dal Regno Unito si propagò a scala globale a partire dal XVIII secolo, è emerso anche in Italia in tutta la sua gravità a partire dall'incidente all'Icmesa di Seveso, che ebbe una risonanza mondiale a causa dello sprigionarsi di una nube tossica che creò enormi danni ambientali e sociali alla popolazione della Brianza. Da allora, fu chiaro alla società, alla politica, alla scienza e all'industria che le regole della produzione e della industrializzazione sarebbero dovute cambiare radicalmente attraverso l'adozione di nuovi approcci, tra i quali i principali sono stati senza dubbio la bonifica delle matrici ambientali che risultano contaminate dalle attività umane e il principio "chi inquina paga".

I siti potenzialmente contaminati vengono censiti dalle Regioni ai sensi del DM 185/99 e dall'anagrafe dei siti da bonificare istituita dal DM 471/99. Ad oggi, risulta che i siti da bonificare sono circa 5.000, pari al 38% rispetto ai 13.000 siti potenzialmente contaminati, dei quali 12.943 sono di competenza regionale (SIR) in molti casi di limitata estensione. Vi sono poi 58 siti di interesse nazionale (SIN) che da soli occupano oltre il 3% della superficie del paese, comprendendo un totale di 821.000 ha di aree a terra e quasi 340.000 ha di aree a mare (figura 8.1).

Figura 8.1: Localizzazione ed estensione dei SIN



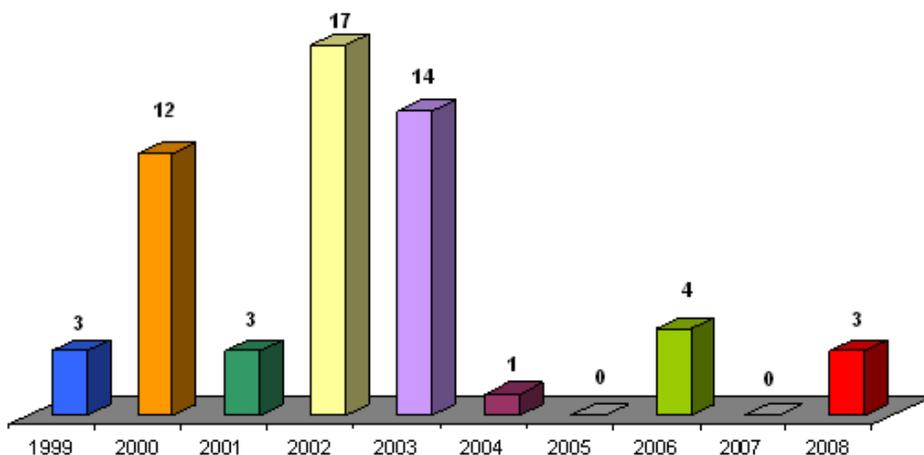
Fonte: *Annuario ISPRA 2008*

In Italia i costi delle bonifiche ambientali sono particolarmente elevati, soprattutto nei Siti di Interesse Nazionale, come certificato dalla Unione Europea e verificato quotidianamente dagli operatori di settore che vantano esperienze in campo internazionale. Le ragioni di tale anomalia sono molteplici e possono essere ricondotte principalmente a: (1) limiti di legge imposti per gli inquinanti più restrittivi, (2) ampia lista di accertamenti analitici previsti dalle normative, (3) carenza impiantistica, (4) tempi di approvazione dei progetti relativamente lunghi e incerti. Pertanto, considerato che le aree inquinate, soprattutto una volta dismesse, godono di ampi spazi disponibili, il servizio Bonifiche e Riqualificazione Ambientale dell'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali (UTTAMB-BRA) dell'ENEA oltre che analizzare i sistemi e le tecnologie di bonifica ha considerato anche le strategie di riqualificazione realmente sostenibili dalle imprese e dal sistema paese, riscontrando che una parte dei costi necessari per la messa in sicurezza e la bonifica potrebbe essere sostenuta mediante una strategia di *green remediation*. Questa, oltre ad abbattere le emissioni di sostanze inquinanti grazie alla realizzazione di impianti di produzione energetica da fonti rinnovabili (quali eolico, fotovoltaico, moto ondoso e biomasse), potrebbe consentire l'accumulo di risorse economiche da reinvestire poi nelle bonifiche, divenendo parte integrante della *green economy* e opportunità di ripresa.

8.2 Inquadramento ed evoluzione della normativa italiana in materia di bonifiche

In Italia, i SIN sono stati perimetrati (figura 8.2) attraverso gli atti normativi di seguito elencati:

Figura 8.2: SIN individuati negli anni 1999/2008



- Legge 426/98;
- Legge 388/00;
- Decreto ministeriale 468/01;
- Legge 179/02;
- Legge 266/05;
- Decreto legislativo 152/06;
- Decreto ministeriale 11/4/08;
- Decreto ministeriale 25/5/08;
- Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri 3716/2008.

Il Ministero Ambiente con il DM 16 maggio 1989 aveva già fissato criteri e linee guida per la predisposizione di Piani e strumenti di intervento per le bonifiche, ma solo con il Decreto Ronchi (D.Lgs. 22/97) e con il successivo DM 471/99 l'Italia si è dotata di uno strumento normativo in materia di bonifiche. In particolare, il DM del 1999 aveva fissato i limiti di accettabilità della contaminazione attraverso Concentrazioni Limite Accettabili (CLA) del suolo e delle acque e aveva definito procedure e modalità per condurre la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti contaminati, che comunemente viene indicato come un "approccio tabellare". Il Decreto, molto sinteticamente, prevedeva:

- i valori delle CLA degli inquinanti di suolo e acque (raggruppati nelle tabelle dell'allegato 1);
- il superamento di uno solo fra tali valori bastava per qualificare un sito come "inquinato" e per avviare le opportune attività di bonifica;
- gli obiettivi di bonifica, unici per l'intero territorio italiano, erano i medesimi valori di CLA.

Il DM 471/99, infatti, definiva la bonifica come *"insieme degli interventi atti ad eliminare o contenere le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori di CLA stabiliti dalle tabelle regolamentari"*. Nell'applicazione del DM 471/99, sono emerse però notevoli criticità, determinate soprattutto dalle seguenti caratteristiche della norma:

- i valori limite di concentrazione erano determinati a livello nazionale, senza prendere in dovuta considerazione le caratteristiche dei singoli siti e quindi il reale rischio di esposizione per gli eventuali soggetti ricettori connesso alla concentrazione degli inquinanti presenti (valori di fondo naturale);
- gli stessi valori risultavano particolarmente restrittivi, sia se confrontati con i valori considerati dagli altri paesi europei, che con quelli definiti da altre norme nazionali a tutela dell'ambiente e della salute umana (alcuni dei valori di CLA per le acque di falda, infatti, risultavano essere inferiori a quelli previsti per la potabilità); in merito, si segnala che tali valori hanno determinato, a partire dal 2000, un velocissimo incremento delle aree definite "contaminate" nel nostro Paese.

Viste le difficoltà emerse con il DM 471/99 e la tendenza delle Regioni nel non indicare i valori di fondo naturale che potessero derogare i valori tabellari del Decreto stesso, in occasione della completa revisione della disciplina nazionale in materia ambientale prevista dalla Legge delega 308/04, il Legislatore italiano ha previsto criteri di modifica della normativa volti a superare le criticità in materia di bonifiche poste dal DM 471/99, attraverso l'applicazione dell'analisi di rischio. Dunque, con la stesura del D.Lgs. 152/06 (cd. "Codice Ambientale"), il Governo, seguendo i criteri dettati dalla Legge delega 308/04, ha definito un nuovo sistema, allineato con le normative dei principali paesi industrializzati europei ed extraeuropei, per cui dal maggio 2006:

- i valori definiti dal DM 471/99 non costituiscono più gli obiettivi di bonifica per l'intero territorio italiano, ma assumono la funzione di Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) - limiti tabellari intesi come valori di *screening* - il cui superamento porta all'identificazione del singolo sito come "potenzialmente contaminato";
- il superamento di tali valori comporta la necessità di avviare una approfondita analisi del rischio sito-specifica che chiarisca quali sono le concentrazioni di contaminanti nel suolo e nelle acque al di sotto dei quali i rischi per l'ambiente e la salute umana sono considerati accettabili (Concentrazioni Soglia di Rischio - CSR).

Dopo l'adozione del "Codice Ambientale" D.Lgs. 152/06 però, numerose integrazioni e chiarimenti sono intervenuti per mezzo dei decreti attuativi specifici, con i quali, come nel caso dei sedimenti, non sempre sono stati seguiti gli indirizzi dettati dal Decreto Legislativo, di applicare cioè un'analisi di rischio per stabilire l'effettiva pericolosità per la salute umana e, dunque, la reale necessità di rimozione degli *hot spot* contaminati.

8.3 Le esperienze ENEA nel settore delle bonifiche

L'ENEA svolge attività di supporto alla Pubblica Amministrazione (centrale e periferica), nel settore degli interventi di bonifica e riqualificazione ambientale finalizzati all'attuazione dei relativi programmi nazionali e locali, come previsto anche dal Progetto Strategico Speciale (Delibera Cipe N° 61 del 2 aprile 2008 - Quadro Strategico Nazionale 2007-2013). Negli ultimi 15 anni l'Agenzia ha posto la massima attenzione alla ricerca pre-normativa, all'aggiornamento del quadro conoscitivo e all'implementazione di Direttive, Regolamenti e Norme, nonché allo sviluppo e diffusione di metodologie e strumenti di governance ambientale del territorio. Questa attività ha permesso di analizzare i tempi e i costi degli interventi necessari per eseguire le bonifiche e di implementare approcci integrati di riqualificazione ambientale che potessero garantire alle aziende di operare in simbiosi all'interno del sistema produttivo in un'ottica di sviluppo sostenibile.

In particolare, l'ENEA ha svolto molteplici attività di supporto alla PA centrale e periferica nell'ambito di un ampio e articolato percorso che, per mere questioni di

sintesi, nel presente lavoro è schematizzata in quattro fasi: (1 dal 1998) istruttoria, disamina ed elaborazione di piani di caratterizzazione, progetti di Messa in Sicurezza di Emergenza (MISE) e Bonifica; (2 dal 2007) analisi tecnico-economica degli interventi di risanamento MISE e Bonifica attuati sul territorio nazionale; (3 dal 2009) implementazione di strategie di *green remediation* nei distretti industriali all'interno dei quali installare impianti per produzione di energia elettrica da fonti alternative dai cui profitti poter garantire l'attuazione della bonifica e (4 dal 1998) aggiornamento dell'iter normativo e partecipazione a tavoli tecnici e Gruppi di Lavoro (GdL).

Alcuni dei risultati ottenuti nella fase 1 sono presentati nel paragrafo 8.4 sotto forma di breve rassegna delle tecniche di trattamento più diffuse per la MISE e bonifica.

La fase 2 è stata condotta in collaborazione con diversi Enti di ricerca e Istituzioni. Nel presente contributo, vengono presentati solo i risultati più significativi scaturiti dalla collaborazione con il Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade (DITS) della facoltà di Ingegneria dell'Università "La Sapienza" di Roma, con la quale, analizzando le metodologie di riqualificazione ambientale e rimozione degli inquinanti dalle falde freatiche, applicate in 17 Siti contaminati di Interesse Nazionale (Beretta *et al.*, 2008)²⁹⁸, è stato poi implementato uno strumento di valutazione dei costi degli interventi di messa in sicurezza dei siti contaminati, attraverso l'utilizzo di tre parametri principali:

- la tipologia di barriera (idraulica e/o fisica) adottata;
- il fronte di contaminazione (F) di 50, 100 e 300 m cui sottendono *hot spot* di contaminazione con superficie rispettivamente pari a 0,25 ha, 2,4 ha e 9 ha;
- il coefficiente di conducibilità idraulica (K), indicato per semplicità con i numeri 10 - 100 e 1000, cui corrispondono rispettivamente valori di percorrenza della falda pari a 0,2 - 2 e 20 m/giorno.

Sulla base di questi tre parametri, e loro possibili combinazioni, è stato costruito un modello previsionale dei volumi di acqua da emungere e trattare in un arco di tempo di circa 30 anni, attraverso cui stimare i costi per le attività di MISE e Bonifica (Beretta *et al.*, 2008; Majone *et al.*, 2011)²⁹⁹.

La fase 3 costituisce la parte del lavoro più articolata, in quanto da un lato i benefici che possono essere ottenuti dall'installazione di impianti per produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili sono molto variabili in funzione delle caratteristiche del territorio e dall'altro gli aggiornamenti normativi rendono gli utili ricavabili da tali impianti suscettibili di frequenti variazioni. Questa attività è

²⁹⁸ Beretta G. P., Cicconi V., Maione M., Perdetti D., Rolle E., Maffucci M., "Analisi di tecniche tradizionali e innovative per il confinamento di falde contaminate", in Proc. of ECOMONDO 2008 Conference, Rimini, 6 pp, 2008.

²⁹⁹ Vedi nota precedente e Majone M., Rolle E., Cicconi V., Beretta P., Maffucci M., Cappucci S., "Bonifica delle acque sotterranee", in *Sole24ore – Ambiente e Sicurezza*, 20: 34-45, 2011.

riconducibile ad una strategia di sviluppo e simbiosi industriale per la quale è necessario il contributo di competenze professionali nel settore energetico che il servizio UTTAMB-BRA ha necessariamente dovuto considerare per implementare stime, almeno a scala regionale e interregionale. Viene presentato solamente il confronto tra i costi relativi agli interventi di MISE e Bonifica della falda scaturiti con il modello implementato nella fase 3, rispetto agli utili potenzialmente ricavabili dagli impianti di produzione energetica derivanti da fotovoltaico e impianti alimentati a biomasse già presentati da Cappucci et al. (2010), lavoro al quale si rimanda per specifiche e dettagli.

La fase 4, con la quale si è contribuito all'aggiornamento dell'iter normativo attraverso la partecipazione a tavoli tecnici e gruppi di Lavoro, è una attività implicita per tutti gli operatori istituzionali, che l'ENEA ha svolto con particolare impegno nei confronti dell'attività istruttoria, con la definizione e attuazione dell'art. 252bis della L. 4/2008 inerente la reindustrializzazione dei SIN e la partecipazione al Gruppo di Lavoro sull'Analisi di Rischio congiunto con ISPRA, ARPA/APPA, ISS e ISPELS.

8.4 Panoramica degli interventi di bonifica

Viene presentata una breve rassegna dei sistemi applicabili per la MISE e bonifica dei siti contaminati, con particolare riferimento alle acque di falda. Classificati per categorie di intervento, i sistemi possono essere applicati su diverse matrici, anche se è stata volutamente data maggiore enfasi a quelle tecnologie adottate per le acque di falda. Gli interventi di MISE riducono lo stato di contaminazione e sono mirati a evitare il movimento e la diffusione e dispersione del contaminante, mentre le tecniche di bonifica sono rivolte all'eliminazione delle sostanze inquinanti rinvenute nel sito o, almeno, alla riduzione delle stesse sostanze a livelli non più pericolosi per la salute umana e per l'ambiente. Ogni intervento, pur utilizzando tecnologie sperimentate, mantiene una sua unicità dovuta alle condizioni sito specifiche dell'area e alle modalità di contaminazione. Questo aspetto suggerisce di adottare, per ciascun sito, un sistema integrato di tecnologie di bonifica, in grado di assicurare il raggiungimento degli obiettivi previsti con il minor impatto e la maggiore efficacia, considerando anche gli aspetti socio-economici legati sia al tessuto antropico circostante, sia alle possibilità economiche.

8.4.1 Bioremediation

Bioattenuation

La *bioattenuation* è l'insieme dei processi di natura biologica, chimica e fisica che concorrono alla degradazione di composti indesiderabili per l'ambiente e che genericamente si riferiscono a volatilizzazione, diluizione, dispersione,

assorbimento e trasformazione abiotica (Sanchez et al., 2000)³⁰⁰.

In natura, raramente si rilevano condizioni adatte per un'efficace *bioattenuation* pertanto, per rendere più efficace l'attività di risanamento, è opportuno creare specifiche condizioni chimico-fisiche nella matrice ambientale (*biostimulation*) o potenziare la presenza dei microrganismi autoctoni o alloctoni (*bioaugmentation*). Con tali tecniche, alcuni studi scientifici hanno evidenziato una velocità di degradazione degli inquinanti fino a 2 - 4 volte superiore alla velocità di degradazione dovuta alla *bioattenuation*, ricorrendo anche all'utilizzo delle popolazioni autoctone di microrganismi piuttosto che con quelle alloctone.

La *biostimulation* e la *bioaugmentation* possono quindi essere considerate come particolari applicazioni di *bioremediation*. A tal proposito, si richiama di seguito la formale classificazione proposta dall'*Environmental Protection Agency* americana (US EPA, 1999) che suddivide gli interventi di biodegradazione *in situ* in *Monitoring Natural Attenuation* (MNA) ed *Enhanced Natural Attenuation* (ENA), riconducibili rispettivamente alla *bioattenuation* e alla *bioaugmentation/biostimulation*.

Numerosi interventi di risanamento mediante *bioremediation* hanno evidenziato efficacia, elevate potenzialità ed economicità dovuta al fatto che i prodotti residuali non sono tossici, o comunque possiedono un livello di pericolosità molto inferiore rispetto agli inquinanti di partenza, e che la limitata produzione di rifiuti durante le lavorazioni consente l'abbattimento dei costi di smaltimento.

Landfarming

Il termine *landfarming* descrive la tecnica di bonifica dei suoli mediante l'attività aerobica dei microrganismi, pertanto il primo vantaggio nel suo impiego consiste nella possibilità di trattare grandi volumi a costi relativamente bassi; l'efficacia è stata dimostrata su varie tipologie di inquinanti.

Il *landfarming* può essere applicato *on-site* oppure *off-site*, in funzione della disponibilità di spazi idonei ad accogliere le infrastrutture necessarie; il procedimento consiste nel prelievo dei suoli/sedimenti/fanghi contaminati, nello stoccaggio su ampie superfici in strati di alcuni decimetri di spessore, nella stimolazione dell'attività aerobica dei microrganismi e nel mantenimento delle condizioni ottimali per la biodegradazione.

I tempi di degradazione sono funzione della complessità della struttura molecolare degli inquinanti: possono essere necessari circa 6 mesi per i composti organici, specialmente se a catena lineare, e circa 12 - 24 mesi per i composti di

³⁰⁰ Sanchez M. A., Campbell L. M., Brinker F. A., Owens D., "Attenuation the natural way. A former wood-preserving site offers a case study for evaluating the potential of monitored natural attenuation", in *Industrial Wastewater*, 5: 37-42, 2000.

sintesi o xenobiotici, quali composti aromatici alogenati (Atagana, 2004)³⁰¹.

Il *landfarming* risulta particolarmente efficace ed economico se effettuato *on-site* e nei casi di contaminazione superficiale del suolo in quanto si abbattano i costi di trasporto. I costi di trattamento potrebbero lievitare nei trattamenti di suoli particolarmente argillosi, per la necessità di omogeneizzazione dei materiali con l'impiego di *bulking agents* a granulometria grossolana.

Biopile

Le biopile, o *land composting*, rappresentano la tecnica di *bioremediation* più diffusa per il risanamento di suoli contaminati, sebbene più costosa del *landfarming* per la necessità di “preparare” i materiali. Il procedimento consiste nel prelievo dei suoli/sedimenti contaminati e nel loro successivo trattamento in strutture denominate pile, dove l'attività di biodegradazione è ottimizzata mediante monitoraggio e intervento sui parametri nutrizionali e chimico-fisici quali temperatura, pH, tenore in O₂ e potenziale redox. L'efficacia della tecnica aumenta con l'affiancamento di attività di *bioaugmentation* e di *biostimulation* (US EPA, 2004)³⁰² e anche in tal caso esiste una proporzionalità diretta tra la complessità della struttura molecolare degli inquinanti e i tempi di degradazione, con tempi di bonifica che variano tra circa 3 - 12 mesi. Ottimi risultati si ottengono nella bonifica di suoli contaminati da idrocarburi, con qualche eccezione per alcuni IPA che risultano recalcitranti alla biodegradazione. Alcuni interventi di risanamento sono stati condotti anche in suoli contaminati da composti organo-clorurati e pesticidi.

Le aree necessarie alla creazione di biopile *on-site* sono ridotte rispetto al *landfarming*, pari a circa 0,22 m²/t di materiale da trattare. Anche in tal caso potrebbero essere necessari processi di preparazione più onerosi nei suoli con alte percentuali di argilla, vista la necessità di migliorarne permeabilità e porosità.

Bioventing

Il *bioventing* è una tecnica di bonifica del suolo applicabile *in situ* mediante ventilazione forzata tale da stimolare la capacità di biodegradazione da parte dei microrganismi, eventualmente tramite apporto di nutrienti al terreno. L'applicazione è spesso associata al *Soil Vapor Extraction* (SVE) descritto sotto che, al contrario, comporta l'aspirazione forzata di aria dal sottosuolo. In particolare, il SVE è utilizzato per contenere le sorgenti primarie o secondarie di contaminazione, massimizzando l'estrazione dei composti più volatili mentre il

³⁰¹ Atagana H. I., “Bioremediation of creosote-contaminated soil in South Africa by landfarming”, in *Journal of Applied Microbiology*, 96, 510–520, 2004.

³⁰² US EPA 2004, *How To Evaluate Alternative Cleanup Technologies For Underground Storage Tank Sites: A Guide For Corrective Action Plan Reviewers*, EPA 510-B-94-003; EPA 510-B-95-007; and EPA 510-R-04-002, 561 pp.

bioventing è utilizzato per intervenire sui composti meno volatili e più persistenti (US EPA, 1995)³⁰³.

Il *bioventing* è relativamente economico, soprattutto quando associato al SVE in quanto si utilizza la medesima soluzione impiantistica per l'aspirazione (prima fase) e per l'immissione (seconda fase). I tempi di applicazione e l'efficacia dipendono dalle caratteristiche della zona non satura e dalla tipologia e concentrazione degli inquinanti presenti, oscillando da alcuni mesi fino a 2 - 3 anni.

In genere il sistema di ventilazione viene dimensionato con la determinazione dei parametri fisici del suolo in sito o in laboratorio ed è consigliabile l'esecuzione di prove pilota per definire il numero di pozzi di ventilazione necessari, la loro posizione, il Raggio di Influenza (ROI) dei singoli pozzi, il tasso di biodegradazione dei microrganismi sugli inquinanti e di prove respirometriche per la determinazione del consumo di ossigeno e della produzione di anidride carbonica all'interno del sistema suolo.

La tecnica del *bioventing* viene applicata in particolare quando si riscontrano contaminazioni da NAPL e idrocarburi. I suoli cui applicare questa tecnologia devono essere quanto più possibile omogenei e mediamente permeabili, con un livello di falda non prossimo al piano di campagna.

Biosparging

Il *biosparging* è una tecnica di bonifica *in situ* che sfrutta la capacità di particolari microrganismi presenti nella zona satura degli acquiferi di biodegradare gli inquinanti, in particolare i composti organici. La tecnica prevede l'introduzione di ossigeno e di nutrienti nell'acquifero, mediante appositi pozzi di immissione, per favorire le attività metaboliche dei microrganismi. Il *biosparging* consiste pertanto nella *biostimulation* del sistema saturo per migliorare le condizioni delle acque di falda e dei terreni costituenti l'acquifero, dove si concentra parte dei composti inquinanti idrofobici.

L'applicazione è simile all'*air sparging* descritto sotto, dove l'immissione di aria riduce la concentrazione dei composti organici più volatili mediante strippaggio. Con il *biosparging* l'immissione provoca inevitabilmente lo strippaggio dei composti volatili ma è solo una conseguenza secondaria della ventilazione, in quanto l'obiettivo è l'instaurazione di condizioni ottimali per l'attività metabolica dei microrganismi. Date le evidenti analogie, spesso il *biosparging* è inoltre combinato con il *bioventing* e con il SVE per la bonifica contemporanea della zona satura e della zona non satura di un acquifero. Questa combinazione trova largo

³⁰³ US EPA 1995, *Manual. Bioventing principles and practice*, Publication No. EPA/540/R-95/534, 12 pp.

impiego in presenza di composti VOC (Kao et al., 2008)³⁰⁴.

L'applicazione del *biosparging* implica un approfondito studio sulle condizioni del sito (pH, temperatura dell'acqua, caratteristiche granulometriche e tessiture dell'acquifero ecc.) e sulla capacità dei microrganismi presenti di attuare un'efficace degradazione dei composti indesiderati mediante test biologici in laboratorio.

Il *biosparging* è utilizzato efficacemente in caso di contaminazione di acquiferi da prodotti petroliferi (BTEX) e suoi derivati a medio peso molecolare (gasolio), mentre in caso di composti con elevato peso molecolare (oli lubrificanti) vi è un inevitabile allungamento dei tempi di biodegradazione.

Phytoremediation

La *phytoremediation* è una tecnica di bonifica applicabile *in situ*, meno invasiva in quanto consiste nell'utilizzo di specie vegetali per la bonifica di suoli, acque e sedimenti contaminati, con conseguenti caratteristiche di economicità. La tecnica sfrutta i processi chimico-fisici e biologici svolti dalle specie vegetali per estrarre, degradare, contenere o immobilizzare i contaminanti mediante fitodegradazione, fitostimolazione, fitovolatilizzazione, fitoestrazione, fitostabilizzazione, eventualmente in associazione con altri processi di degradazione svolti dai microrganismi presenti nella rizosfera (Bech et al., 2002)³⁰⁵.

La *phytoremediation* è impiegata efficacemente per trattare aree inquinate di vaste dimensioni, con moderati livelli di contaminazione confinata nei livelli più superficiali del suolo; spesso è affiancata da altri metodi di risanamento. Si applica ad un'ampia varietà di contaminanti quali metalli, VOC, PAH, idrocarburi del petrolio, radionuclidi ecc. I tempi di bonifica possono essere più lunghi di quelli richiesti con altre tecniche, ma la sua economicità rappresenta un innegabile vantaggio per l'assenza dei costi di scavo e trattamento del suolo. In genere sono richiesti almeno 3 - 5 anni che però spesso si trasformano in 10-15 anni di trattamento in funzione della destinazione d'uso finale del sito.

La scelta delle specie vegetali più consone deve essere effettuata sulla base della capacità di accumulo e di produzione della biomassa, sulla facilità di potatura e raccolta e sull'adattabilità alle condizioni climatiche dell'area di intervento. Le caratteristiche chimico-fisiche del suolo sono fondamentali per l'efficacia dell'intervento. La *phytoremediation* si applica in modo ottimale ai suoli contaminati negli strati più superficiali dove la possibilità di migrazione degli

³⁰⁴ Kao C. M., Chen C. Y., Chen S. C., Chien H. Y., Chen Y. L., "Application of in situ biosparging to remediate a petroleum-hydrocarbon spill site: Field and microbial evaluation", in *Chemosphere*, 70: 1492-1499, 2008.

³⁰⁵ Bech J., Poschenrieder C., Barcelo J., Lansac A., "Plants from mine spoils in the South American area as potential sources of germplasm for phytoremediation technologies", in *Acta Biotechnologica*, 22 (1-2), 5-11, 2002.

inquinanti verso i livelli più profondi è molto remota, quando non vi sono pericoli immediati di propagazione degli inquinanti o pericoli sanitari per la salute umana. La tecnica è applicabile anche al disinquinamento delle acque sotterranee mediante pompaggio e successivo trattamento mediante rizofiltrazione o mediante l'utilizzo delle acque pompate dal sottosuolo per finalità irrigue in aree opportunamente predisposte con particolari specie vegetali le cui radici attuano la rizofiltrazione.

8.4.2 Trattamenti chimico-fisici

Pump and Treat

La tecnica di *Pump and Treat* è un processo di bonifica *on-site*, che prevede la rimozione delle acque di falda inquinate per mezzo di una serie di pozzi che emungono in continuo e un successivo trattamento in appositi impianti. Per la decontaminazione dell'acqua di falda pompata si utilizzano le tradizionali tecnologie di trattamento applicate alle acque di scarico, pertanto l'acqua in uscita può essere riversata in fognatura o in un bacino idrico superficiale. Per migliorare il processo di bonifica l'acqua depurata può essere anche reinserita a monte della zona inquinata.

Il dimensionamento dell'impianto può essere effettuato attraverso l'implementazione di modelli numerici di flusso e trasporto del contaminante che permettano di desumere i parametri di installazione dell'impianto quali numero e localizzazione dei pozzi impiegati, portate d'acqua, raggio d'influenza. È necessario comunque prevedere prove *in situ* che verifichino le condizioni attese dalle simulazioni di laboratorio.

Il *Pump and Treat* è un processo di bonifica ben collaudato e largamente impiegato, ma comporta costi elevati dovuti al trattamento e smaltimento delle acque emunte e alla manutenzione periodica delle apparecchiature. La progettazione e la messa in opera risultano piuttosto rapidi rispetto ad altre tecniche di bonifica *on-site*, mentre i tempi di risanamento possono essere relativamente lunghi. Il trattamento viene impiegato per inquinanti solubili, persistenti nella fase liquida, estremamente mobili e non soggetti a biodegradazione come i metalli pesanti, mentre è poco efficace con i composti dotati di solubilità molto bassa e composti organici immiscibili (NAPLs).

Air sparging

L'*Air Sparging* (AR) conosciuto anche come "*in situ air stripping*" o "*in situ volatilization*", è una tecnica di intervento *in situ* che permette la riduzione delle concentrazioni delle componenti volatili degli idrocarburi assorbiti nel suolo e/o disciolti nelle acque di falda. Il sistema consiste nell'iniezione di aria compressa direttamente nel sottosuolo, per rimuoverne i contaminanti volatili e fornire ossigeno per favorire processi di biodegradazione dei contaminanti da parte della componente batterica, mediante pozzi trivellati fino a raggiungere la zona satura.

L'Air Sparging è applicato spesso insieme alla tecnica di *Soil Vapor Extraction* o *Soil Venting*. Per la progettazione dell'impianto è necessario definire il raggio di influenza (ROI), calcolato indirettamente mediante misure dell'ossigeno disciolto, del potenziale redox, della CO₂ e dei gas; l'interasse tra i diversi pozzi e il loro numero; la portata di pompaggio (Q) valutata mediante prova di portata a gradini e in funzione del ROI. È inoltre opportuno realizzare dei test su aree pilota attrezzate e predisposte (Kirtland et al., 2000)³⁰⁶.

La tecnica ha efficacia principalmente nei casi di contaminazione di componenti molto volatili e poco solubili, come gli idrocarburi leggeri (BTEX, solventi clorurati). Se gli inquinanti sono poco volatili, allora *l'air sparging* potrà essere utilizzato per favorire l'attività dei microrganismi nel contesto della *bioremediation* (*Biosparging*). L'efficacia della tecnica è maggiore in presenza di terreni omogenei con elevata permeabilità. L'efficacia di tale tecnica dipende principalmente da due fattori: *vapor/dissolved phase partitioning*, che influisce sul tasso di trasferimento delle componenti disciolte nella fase volatile; permeabilità dei suoli, che condiziona la pressione con la quale iniettare l'aria all'interno del sottosuolo.

In presenza di fase surnatante è opportuno utilizzare il *soil venting* sino alla sua completa rimozione. Solo successivamente potrà essere adottato *l'air sparging* è sempre congiuntamente con il *soil venting* per impedire la migrazione dei composti volatili. I costi sono molto variabili a seconda della configurazione del sistema (numero di pozzi), e del tempo complessivo del trattamento.

Soil vapor extraction

Il *Soil Vapor Extraction* (SVE) è una tecnica di intervento *in situ* che riduce la concentrazione delle componenti volatili nella porzione insatura del sottosuolo, spesso fortemente contaminata a causa della ritenzione di componenti chimiche non disciolte in acqua e di vapori liberati dalla componente disciolta nella falda sottostante. La SVE è spesso associata al *bioventing* e all'*air sparging*.

Il processo consiste nell'applicazione di una pompa aspirante all'interno di un pozzo posto in corrispondenza o in prossimità dell'area contaminata, determinando un gradiente di pressione e il conseguente passaggio dell'aria, attraverso il terreno, verso il pozzo di aspirazione. I composti volatili presenti nel terreno vengono estratti per mezzo del flusso d'aria e successivamente trattati prima di essere rilasciati in atmosfera.

La scelta di una tecnica di SVE dovrà essere preceduta da una accurata fase di analisi dei coefficienti di ripartizione aria-acqua, aria-suolo, acqua-suolo. La percentuale di contaminante che può essere rimosso dipende anche dalla

³⁰⁶ Kirtland B. C., Aelion C. M., "Petroleum mass removal from low permeability sediment using air sparging soil vapor extraction: impact of continuous or pulsed operation", in *Journal of Contaminant Hydrology*, 41:367-383, 2000.

permeabilità all'aria del suolo e dalla velocità di flusso dell'aria nel suolo stesso. I parametri da definire nella fase di progettazione sono il raggio di influenza, l'interasse tra i diversi pozzi e, conseguentemente, il loro numero e corretto dimensionamento.

Utilizzando impianti di aspirazione ad elevata depressione è possibile intervenire in terreni a bassa permeabilità, anche se maggiore è la permeabilità e maggiore potrà essere la quantità di vapori estratti.

Il SVE non è appropriato per siti con falda superficiale caratterizzata da soggiacenza inferiore al metro, casi in cui è preferibile intervenire con la realizzazione di trincee drenanti. Anche suoli caratterizzati da elevata umidità (>10 - 20%) possono ridurre l'efficacia della tecnica SVE a causa della necessità di applicare depressioni molto elevate per indurre flussi d'aria nel sottosuolo (Lee et al., 2001)³⁰⁷.

Soil washing

Il *soil washing* è un tipico sistema di trattamento *ex situ* consistente nella separazione fisico-chimica mediante scavo del suolo, pretrattamento per rimuovere le frazioni grossolane, e successivo lavaggio con un fluido per la rimozione dei contaminanti. Il *soil washing* deve essere usato unitamente ad altre tecniche, in quanto il fluido di trattamento o la frazione di suolo contenente il contaminante, devono essere successivamente trattati. L'acqua di lavaggio è normalmente trattata con procedure standard di depurazione delle acque; i fanghi generati durante il processo di lavaggio possono richiedere ulteriori procedure quali la solidificazione/stabilizzazione, la biodegradazione e l'incenerimento (US EPA, 1991)³⁰⁸.

La prima fase del trattamento, prevede la separazione delle granulometrie fini da quelle grossolane, in modo da intervenire con i successivi processi solo su una quantità inferiore di materiali; la seconda fase, cioè il trattamento fisico-chimico di desorbimento degli inquinanti dalla matrice solida, si differenzia per tipologia di trattamento e per tipologia di sostanze impiegate nei trattamenti chimici.

I tre principali parametri del suolo da valutare preliminarmente sono la granulometria, il contenuto di argilla e la capacità di scambio cationico, che influenzano fortemente l'efficacia del *soil washing*. In generale, il *soil washing* è più appropriato per suoli che contengono almeno il 50% di sabbia o ciottoli, mentre i suoli con alte percentuali di argilla, limo e sostanza organica sono poco idonei per l'applicazione di tale tecnica e implicano un trattamento a costi sostenuti. Infatti, a

³⁰⁷ Lee J. Y., Lee C., Lee K., Sang C., "Evaluation of soil vapor extraction and bioventing for a petroleum-contaminated shallow aquifer in Korea", in *Soil and Sediment Contamination*, 10(4): 439-458 pp., 2001.

³⁰⁸ US EPA 1991, *Guide for conducting treatability studies under CERCLA: Soil Washing*, Publication No. EPA/540/2-91/020A, 46 pp.

volte sono necessarie elevate quantità di additivi con le conseguenti difficoltà nel trattamento e riciclo degli additivi stessi, rendendo i costi del trattamento delle acque di lavaggio proibitivi.

Soil flushing

Il *soil flushing* è una tecnica *in situ*, che consiste nell'infiltrazione di una soluzione acquosa nel suolo o nella falda contaminata, seguita da una estrazione di acqua e di soluzione di *flushing* mista a contaminanti (elutriato); la soluzione viene quindi sottoposta a trattamento subaereo, seguito da scarico o re-iniezione. L'obiettivo è quello di migliorare l'efficienza dei processi di *pump and treat* convenzionali, attraverso l'incremento della solubilità e mobilità degli inquinanti (US EPA, 1997)³⁰⁹.

L'introduzione della soluzione di *flushing* può avvenire nella zona vadosa, nella zona satura o in entrambe. Nella pratica comune, la soluzione di *flushing* viene applicata al di sopra della zona contaminata e percola o migra attraverso il suolo, dove il meccanismo di trasporto è accelerato tramite meccanismi di avvezione, dispersione, diffusione molecolare e impoverimento (tramite volatilizzazione o solubilizzazione).

Sono disponibili varie tecniche per l'immissione delle soluzioni di *flushing* nel sottosuolo. I tipi di iniezione/estrazione sono in genere classificati come "a gravità" o "a pressione". I primi si basano sull'infiltrazione dovuta ai naturali gradienti idraulici, i secondi su gradienti di pressione forniti da una pompa. L'immissione per gravità può avvenire con i seguenti meccanismi: applicazione tramite trincee, gallerie di infiltrazione, irrigazione a spruzzo della superficie o percolamento. La raccolta avviene tramite drenaggi o trincee di raccolta sub-superficiale o mediante pozzi. Per qualsiasi sistema di iniezione ed estrazione usato, il successo del *flushing* dipenderà dal tipo e dal movimento della soluzione attraverso la zona contaminata e dalla percentuale di soluzione recuperata.

Il *flushing in situ* è una tecnologia in sviluppo e non estesamente utilizzata soprattutto a causa della mancanza di informazioni sulle prestazioni e sull'analisi costi/benefici e delle incertezze dovute al passaggio dalla scala di laboratorio a quella di campo. Il *soil flushing* è impiegato per trattare una varietà di contaminanti organici e inorganici: NAPL, VOC e SVOC, policlorobifenili, pesticidi alogenati, diossine e furani, cianuri, sostanze corrosive, metalli non volatili, sostanze radioattive. L'efficienza della rimozione dipende strettamente dal contaminante e dal tipo di suolo.

La permeabilità infatti è un fattore chiave nella determinazione della fattibilità, e la conducibilità idraulica dovrebbe essere maggiore di 10^{-3} cm/s per permettere alle soluzioni di attraversare la matrice in tempi accettabili.

³⁰⁹ US EPA 1997, *Technology overview report: in situ flushing*, GWRTAC Series TO-97-02, 1997, 24 pp.

PRB (Permeable Reactive Barrier)

Le barriere reattive permeabili (PRB) rappresentano una delle metodologie più promettenti per intervenire su acquiferi contaminati da composti organo clorurati e rappresentano un trattamento della contaminazione *in situ* di tipo passivo. Il principio di funzionamento si basa sulla possibilità che i composti organici siano degradati in composti non tossici a contatto con altre specie chimiche, oppure che i composti inorganici siano assorbiti sulla superficie di specifici minerali. Il materiale reattivo viene collocato mediante escavazione direttamente nell'acquifero dove viene attraversato dalla frazione solubile del contaminante, che si muove solidale al flusso delle acque di falda (US EPA, 1998)³¹⁰.

I materiali reattivi utilizzabili come riempimento di una barriera permeabile sono molti e la scelta del più idoneo deve essere effettuata considerando la reattività del materiale, la sua stabilità, la disponibilità il costo e la compatibilità ambientale. Il mezzo reattivo più utilizzato nelle barriere permeabili reattive è il ferro metallico granulare, comunemente denominato ferro zero-valente. I meccanismi chimici, fisici e biologici che possono svilupparsi all'interno di una barriera e portare alla rimozione totale o parziale, o all'immobilizzazione di un contaminante, sono differenti e dipendono dalle caratteristiche del contaminante e del materiale reattivo: precipitazione, scambio ionico, adsorbimento, ossidoriduzione e biodegradazione.

L'applicabilità della tecnica è legata al numero di dati disponibili in fase di caratterizzazione del sito e funzione delle prove di laboratorio atte alla determinazione di tutti quei parametri necessari alla progettazione della struttura. Rispetto alle altre tecniche di bonifica di acquiferi contaminati, il principale vantaggio delle barriere reattive consiste nell'azione passiva *in situ* che non necessita di impianti fuori terra, nonché la relativa semplicità di messa in opera. La tecnologia permette inoltre di trattare *plume* inquinati anche quando le sorgenti sono distribuite e difficilmente localizzabili e vi è l'assenza di materiale di scarto/rifiuti da smaltire, se non in fase di realizzazione. Infine, le PRB presentano un ottimo rapporto costi-benefici poiché vengono ridotti al minimo i costi di gestione.

Gli svantaggi consistono nella possibilità di trattare solo la frazione solubile dei NAPL, nell'incertezza relativa alla longevità dei materiali reagenti e nell'eventuale rigenerazione degli stessi; inoltre è necessario dover realizzare scavi per l'istallazione del reagente, con possibili limitazioni nella profondità d'intervento. Il costo di istallazione di una barriera è estremamente variabile e funzione principalmente del materiale impiegato, che costituisce la principale voce di spesa. Altre spese sono da attribuire alla fase di scavo e a quella per l'istallazione di una rete di monitoraggio con piezometri.

³¹⁰ US EPA 1998, *Permeable Reactive Barrier technologies for contaminant remediation*, Publication No. EPA/600/R-98/125, 1998, 102 pp.

In situ Chemical Oxidation

La *In situ Chemical Oxidation* (ISCO) è una tecnica che consiste nell'iniezione nel sottosuolo di una soluzione contenente un ossidante più eventuali catalizzatori al fine di ossidare i contaminanti presenti senza estrarre le acque di falda. I composti ossidanti più utilizzati sono: permanganato di Potassio e Sodio, perossido di Idrogeno, persolfato di Sodio e Ozono.

In generale i composti che presentano alti valori di tale parametro sono più aggressivi e degradano contaminanti anche molto concentrati, tuttavia il loro potenziale si riduce velocemente una volta raggiunta l'area contaminata. Al contrario, i composti con potenziale di ossidazione minore, essendo più stabili, possono raggiungere zone lontane dal punto di immissione, mantenendo il loro potenziale. Pertanto, il tipo di ossidante va scelto considerando l'estensione dell'area, il grado di contaminazione e i risultati di una dettagliata caratterizzazione. I potenziali standard di ossidazione sono buoni indicatori della forza di un ossidante, tuttavia le condizioni di campo possono influenzare notevolmente le reazioni chimiche attraverso variazioni di pH, temperatura, concentrazione dei reagenti, presenza di catalizzatori o di impurità naturali (materia organica). Esempi di contaminanti degradabili chimicamente sono i BTEX, PCE, TCE, VC, IPA e altre molecole organiche (US EPA, 2006)³¹¹.

Per quanto riguarda la soluzione da iniettare, essa viene generalmente immessa in più punti che possono essere pozzi di piccolo diametro installati usando la tecnologia *Geoprobe*. Affinché possa avvenire efficacemente il contatto tra contaminante e soluzione ossidante è necessario che il trasporto della stessa attraverso il mezzo poroso, che è fortemente influenzata dalle condizioni geologiche del sito, avvenga in modo efficace. I maggiori vantaggi nell'utilizzo di tali tecnologie di trattamento chimico *in situ* sono da ricondurre alla non formazione di grandi volumi di rifiuti da smaltire e i tempi di trattamento sono ridotti rispetto alle tecniche tradizionali. Gli svantaggi possono essere attribuiti ad esempio alla formazioni di precipitati che possono ridurre la permeabilità del terreno.

Elettrocinesi

L'elettrocinesi è una tecnica rivolta alla separazione ed estrazione di metalli pesanti, radionuclidi, e contaminanti organici da suoli saturi e insaturi, fanghi e acque freatiche sia *in situ* che *ex situ*. Il trattamento elettrocinetico del suolo si basa su l'interazione di diversi meccanismi di trasporto quali la convezione, generata dal flusso elettromotico e dal gradiente idraulico applicato esternamente e la migrazione di cationi e anioni verso il rispettivo elettrodo.

Durante il processo elettrocinetico, le reazioni di trasferimento di elettroni più

³¹¹ US EPA 2006, *In-Situ Chemical Oxidation*, Publication No. EPA/600/R-06/072, 59 pp.

importanti, che avvengono agli elettrodi, sono quelle dovute all'elettrolisi dell'acqua. Usando elettrodi inerti, le reazioni agli elettrodi produrranno ioni H^+ e O_2 gassoso all'anodo, e ioni OH^- e H_2 gassoso al catodo. Se gli ioni prodotti durante l'elettrolisi dell'acqua non sono rimossi o neutralizzati determinano un abbassamento del pH all'anodo e un innalzamento al catodo, accompagnati dalla propagazione di un fronte acido dalla regione anodica, e un fronte basico da quella catodica. Il pH dovrà essere dunque controllato e mantenuto basso in modo tale da mantenere tutti i contaminanti nella fase disciolta. Gli ioni contaminanti accumulati all'anodo e al catodo sono rimossi mediante deposizione elettrochimica, precipitazione/co-precipitazione, pompaggio vicino all'elettrodo, complessazione o resine a scambio ionico.

L'efficacia della tecnologia dipende dalla velocità di elettromigrazione, che è funzione della granulometria del terreno, mobilità e concentrazione ionica, concentrazione degli inquinanti e dalla conduttività elettrica dell'acqua dei pori da cui dipende il consumo di energia del sistema. In particolare non è tanto la permeabilità del suolo a favorire il processo, piuttosto è la conduttività elettrica dell'acqua dei pori e la bassa tortuosità dei percorsi di migrazione, entrambe funzione del contenuto di umidità del suolo. La tecnologia è applicabile sia in suoli saturi che insaturi, ma è necessario un contenuto minimo di umidità al quale ha luogo l'elettromigrazione, che in condizioni ottimali deve essere inferiore alla saturazione.

8.4.3 Trattamenti termici

Desorbimento termico

Il desorbimento termico è finalizzato alla vaporizzazione dei contaminanti contenuti nel terreno, riscaldando lo stesso a temperature variabili tra $90^\circ C$ e $650^\circ C$. I contaminanti volatilizzati vengono quindi trattati in fase gassosa, previa separazione delle polveri, che possono essere nuovamente immesse nel processo.

Rispetto ai processi di termodistruzione, nel desorbimento termico, il calore viene utilizzato per favorire il trasferimento dei contaminanti, presenti nel suolo, in fase gassosa; i gas risultanti dal processo, quindi ricchi di contaminanti organici, vengono raccolti e trattati in opportuni impianti, che sono essenzialmente impianti di termodistruzione ed eventualmente di adsorbimento su carboni attivi per le tracce residue. Al termine del trattamento il suolo può in genere essere ricollocato *in situ*.

I processi di desorbimento termico possono essere realizzati anche in situ ma generalmente sono applicati *ex situ*. Il processo è applicato in situ mediante riscaldamento di suolo e acqua di falda contaminata e, mediante opportuni pozzi di estrazione, raccolta dei gas risultanti che sono ricchi di contaminanti.

I fattori che influenzano l'efficienza del desorbimento sono la granulometria del terreno, il contenuto di acqua, il contenuto di sostanza organica, la temperatura di

processo. Il desorbimento termico presenta numerosi vantaggi rispetto ad altre tecnologie *off-site*, quali ad esempio il trattamento biologico e il lavaggio in primo luogo determina la distruzione dei contaminanti senza produrre rifiuti da smaltire, è in grado di trattare una vasta gamma di contaminanti organici ad eccezione dei metalli pesanti e di poter agire su terreni a granulometria grossolana, media o fine. Rispetto al lavaggio si ottiene un recupero completo del terreno, inoltre al di sotto dei 500°C i terreni trattati, se addizionati di *compost*, possono essere utilizzati anche a fini agronomici. I costi però sono più elevati rispetto al trattamento microbiologico o al lavaggio.

Termodistruzione

Questo processo consiste in un riscaldamento *in situ* del suolo a temperature comprese tra 1.600 e 2.000°C. Il riscaldamento e le alte temperature sono ottenute tramite l'applicazione di differenze di potenziale fino a 4.000 V agli estremi di elettrodi infissi nel suolo. Quando il suolo comincia a fondere, si inizia il ciclo di raffreddamento, con la conseguente formazione di un composto amorfo vetroso.

I sistemi *on-site*, che prevedono lo scavo dei terreni, sono predisposti su opportuni mezzi di trasporto, quindi il trattamento può essere eseguito sul sito contaminato. La decomposizione è ottenuta mediante l'incenerimento del terreno contaminato, che deve essere opportunamente ridotto a una granulometria uniforme prima di essere alimentato al forno tramite nastro trasportatore o per gravità. Per ottimizzare tutti i parametri di funzionamento (temperature di esercizio, tempi di permanenza in camera di combustione, grado di abbattimento degli effluenti gassosi) è sempre necessaria un'attenta analisi e caratterizzazione dell'alimentazione, vista l'ampia gamma di sostanze potenzialmente presenti in un suolo inquinato.

Il repentino innalzamento della temperatura provoca, prima della vera e propria fusione, la volatilizzazione e la pirolisi dei composti organici che devono essere aspirati da un'apposita cappa, mantenuta in depressione e abbinata ad una linea di trattamento dei fumi. Tra i principali svantaggi vi sono il costo elevato connesso con l'alto consumo di energia elettrica e l'influenza del tenore d'umidità del suolo sui tempi, dunque sui costi, del trattamento.

8.5 La riqualificazione dei siti contaminati in Italia come strumento per uno sviluppo sostenibile

Considerata la panoramica dei sistemi descritta nel paragrafo precedente, sono state analizzate le principali tecnologie di MISE e bonifica delle acque sotterranee approvate dal MATTM, per esaminare il reale orientamento della PA e, di conseguenza, delle imprese che operano nel settore delle bonifiche. La classificazione delle tecnologie adottate su 17 SIN, ha evidenziato come le più utilizzate sono le barriere fisiche (53%), idrauliche (10%) e le attività di

trattamento (37%) (Cappucci *et al.*, 2008; Maffucci *et al.*, 2009)³¹². Gli approcci utilizzati nel trattamento delle acque possono essere definite di tipo “attivo”, mentre le tecniche di risanamento “passivo”, costituite quasi unicamente dalle Barriere Permeabili Reattive (PRB-US EPA, 1998; Beretta & Pellegrini, 2003)³¹³, rappresentano solo l’1% delle tipologie adottate (figura 8.3). Considerando i diversi tipi di materiale reattivo - oltre all’utilizzo del Fe (0) o delle più *Surfactant Modified Zeolites* (SMZ) che ha avuto molto successo nel caso di contaminazione legata ai solventi clorurati e alcuni metalli pesanti - nel mondo sono presenti circa 200 installazioni, tra le quali 130 negli USA, 12 in Giappone, 1 in Australia e circa 20 in Europa, con un solo impianto in Italia e la quasi totalità in Germania dove è stato infatti creato un *network* specifico allo scopo di seguirne l’efficacia (www.rubin-online.de). Sia nel caso di trincee continue, che si estendono su tutta o su una porzione dello spessore saturo, sia nel caso della configurazione *funnel & gate* costituiti da sistemi a imbuto che indirizzano il flusso di acqua dall’area contaminata alla zona di trattamento semipermeabile, negli ultimi 10 anni (le prime applicazioni negli USA risalgono alla metà degli anni 90) sono stati fatti notevoli progressi nel corretto dimensionamento e posizionamento della PRB rispetto all’estensione del pennacchio di contaminazione, cercando di stimolare in modo efficace i processi biologici di degradazione dei contaminanti attivi in esso presenti. I meccanismi di trattamento (che a seconda del materiale reattivo utilizzato possono diversificare le PRB in adsorbenti, chimiche o biologiche) sono stati al momento classificati come: dealogenizzazione indotta da Fe zero-valente, controllo del pH, reazioni di ossido-riduzione, reazioni di adsorbimento, precipitazione chimica, reazioni di degradazione biologica. Nonostante le PRB necessitino di un attento monitoraggio e possono non dare risultati sempre soddisfacenti rispetto al raggiungimento dei limiti di concentrazione al punto di conformità per falde con ampio spettro di contaminanti, le ragioni di una così scarsa applicazione sul territorio nazionale, anche per scopi di sperimentazione e ricerca, non sembra trovare giustificazioni. Le PRB, infatti, a livello internazionale, sono più diffuse rispetto quanto avviene nel nostro paese, soprattutto in rapporto a tecniche più consolidate quali *pump and treat* o le barriere fisiche.

Le stime dei costi necessari per gli interventi di bonifica, forniscono valori fortemente diversi tra loro in funzione della tecnologia adottata e del sito di

³¹² Cappucci S., Falconi L., Levizzari R., Maffucci M., “Approccio metodologico alla reindustrializzazione, il supporto tecnico dell’ENEA”, in *ARPARivista*, 6: 46-47, 2008.

Maffucci M., Armiento G., Cappucci S., Dotti M., Falconi L., Levizzari R., Rapisarda F., Rolle E., “Land reclamation of industrial sites, perspectives of Italian SIN (Contaminated Sites of National Relevance)”, in *Proceedings of Remtech 2009 Conference*, ISBN: 88-902263-0-7: 6 pp, 2009.

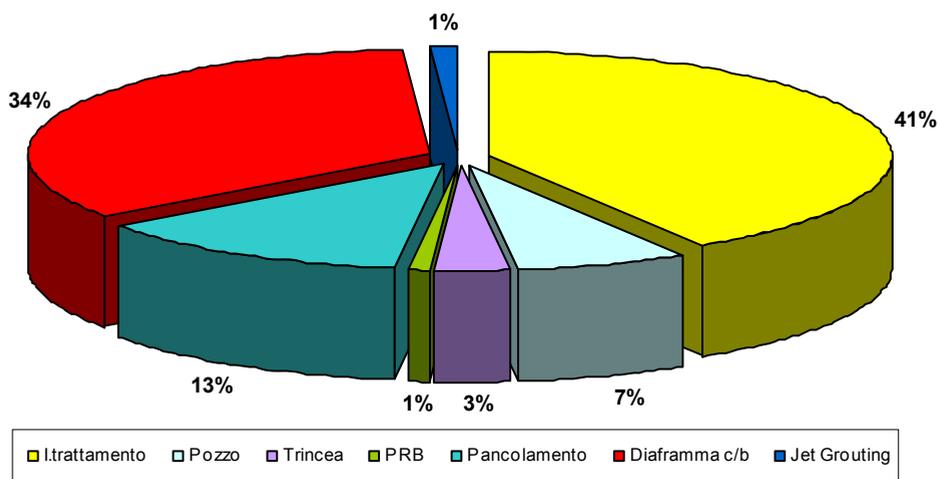
³¹³ US EPA 1998, *Permeable Reactive Barrier technologies for contaminant remediation*, Publication No. EPA/600/R-98/125, 102 pp.

Beretta G. P., Pellegrini R., *Linee guida per il monitoraggio delle barriere idrauliche*, Provincia di Milano, Università degli Studi di Milano, 2003.

applicazione (Majone *et al.*, 2011)³¹⁴. La conducibilità idraulica dell’acquifero è il fattore che maggiormente influisce sui volumi d’acqua da trattare e, di conseguenza, anche sui costi della riqualificazione ambientale di lungo termine (intervallo di riferimento pari a 30 anni).

A parità di conducibilità idraulica, e di dimensioni dell’*hot spot*, la tecnologia di bonifica della falda utilizzata (intesa come diversa combinazione della barriera idraulica o fisica), ha una rilevanza considerevole sui costi finali (figura 8.4). Il marginamento frontale e laterale, combinato con stazioni di prelievo a valle (geometrie D e F di figura 1 in Majone *et al.*, 2011)³¹⁵, è quello che comporta risparmi maggiori sugli interventi di trattamento, in quanto riduce i volumi di acqua da decontaminare. È dunque plausibile che l’utilizzo delle barriere permeabili reattive, possa essere di ulteriore beneficio per le aziende che nel prossimo futuro vorranno investire in ricerca, al fine di ridurre i costi della bonifica. Condotta l’analisi dei sistemi e delle tecnologie, utile per omogeneizzare prevedere e/o ridurre i costi della bonifica, resta poi il problema, per chi opera nel campo della ricerca pura e applicata a supporto della Pubblica Amministrazione, di fornire strumenti utili per la risoluzione delle problematiche. In tal senso, come anticipato nell’introduzione, l’ENEA ha considerato la redditività degli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, nel quale sono state implementate

Figura 8.3: Percentuale delle tipologie di intervento di risanamento delle acque sotterranee nei SIN esaminati



³¹⁴ Majone M., Rolle E., Cicconi V., Beretta P., Maffucci M., Cappucci S., “Bonifica delle acque sotterranee”, in: *Sole24ore – Ambiente e Sicurezza*, 20: 34-45, 2011.

³¹⁵ Vedi nota precedente.

tecniche di *green remediation* nei distretti industriali (Cappucci *et al.*, 2010 e bibliografia in esso citata)³¹⁶, con le quali poter abbattere le emissioni di CO₂ e stimare gli utili per poter attuare le bonifiche che altrimenti, in un periodo di crisi come quello attuale, rischiano di non proseguire o essere portate a termine. A tale scopo il servizio Bonifiche e Riqualficazione Ambientale dell'Unità tecnica Tecnologie Ambientali (UTTAMB-BRA) ha proficuamente collaborato con il laboratorio Fotovoltaico e Conversioni Dirette dell'Unità tecnica Fonti Rinnovabili (UTRINN-FVC) dell'ENEA, nella persona dell'Ing. F. De Lia allo scopo di implementare scenari di cash flow di lungo periodo, aggiornati sui valori degli incentivi previsti dai più recenti Decreti Legge inerenti il "conto energia". In particolare, è stato simulato uno scenario relativo alle tariffe incentivanti riferite al primo quadrimestre 2011, stabilite dal Decreto 6 Agosto 2010 "Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare", emanato dai Ministeri dello Sviluppo Economico e dell'Ambiente e per quanto riguarda gli impianti a biomasse, ci si è basati invece sul sistema incentivante regolamentato dalla Legge Finanziaria 2008 e dalla successiva Legge 99/2009 (figura 8.4).

I dati ufficiali mostrano che in Italia le bonifiche sono state condotte in misura piuttosto modesta rispetto al numero ed estensione dei siti. Questo è parzialmente imputabile ad una normativa non sempre soddisfacente e un procedimento incerto, che ha aggravato la situazione di crisi in cui versa il settore produttivo. Da anni, infatti, le imprese contestano i criteri di bonifica fissati dalla regolamentazione italiana, perché inizialmente imponevano obiettivi preconfigurati senza considerare - a giudizio delle stesse - né i reali rischi presenti nel singolo sito da bonificare, né la tipologia di utilizzo del sito dopo la bonifica, come invece avviene in altri paesi. Nonostante che nel 2006 la normativa italiana è stata modificata, ancora poco è cambiato, tanto che alcuni decreti attuativi del D.Lgs. 152/06 non hanno seguito le linee di indirizzo previste dal "Codice Ambientale".

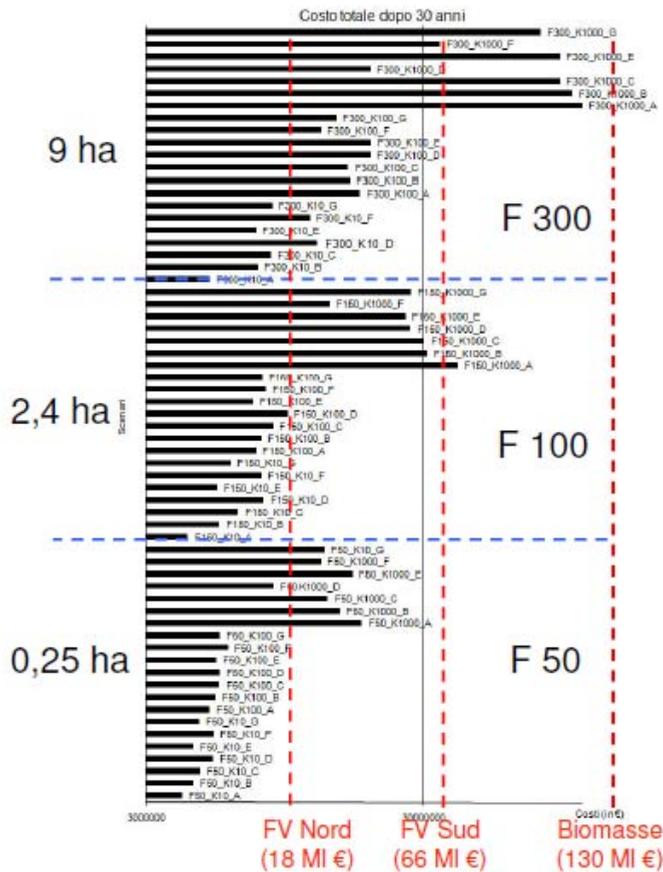
Le imprese attribuiscono questa situazione alla mancata applicazione in Italia dell'Analisi di Rischio sito-specifica, strumento che è stato invece adottato con maggiore successo in altri paesi europei. La concentrazione soglia, che viene definita dal D.Lgs. 152/06, sotto l'acronimo CSR (Concentrazione Soglia di Rischio), sostituisce il limite tabellare per ogni singolo contaminante, ma dovrebbe scaturire da un rapporto di stretta collaborazione tra Stato e Regioni nonché un coordinamento proficuo tra l'Amministrazione Centrale (MATTM) e le Agenzie Regionali per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA).

L'analisi di rischio era prevista nelle disposizioni del DM 471/99 in vigore dal 1999 all'aprile 2006, ma solo in via eccezionale, con il risultato che non ha trovato

³¹⁶ Cappucci S., De Lia F., Maffucci M., Montecchio D., Rolle E., "Energie rinnovabili e messa in sicurezza dei siti contaminati: valutazioni tecnico/economiche", in *Proceedings of Remtech 4th Edition Conference*, 6 pp, 2010.

sostanziale applicazione e, di conseguenza, scarso interesse e finanziamento anche nel campo della ricerca. Tuttavia, questa non sempre risulta applicata nei siti contaminati e in particolare non viene applicata ai sedimenti e alle acque di falda, per le quali si fa sempre riferimento a limiti tabellari particolarmente bassi.

Figura 8.4: Stima dei costi relativi alla bonifica e degli utili ricavabili da fonti rinnovabili



Nota: I costi della bonifica di *hot spot* contaminati, con estensione superficiale da 0,25 a 9 ettari su un intervallo di circa 30 anni, sono indicati dall'istogramma a barre orizzontali. La stima degli utili provenienti da impianti di produzione energetica sono rappresentati, in modo indicativo, dalle linee verticali che fanno riferimento a impianti per fotovoltaico installati nel Sud (ca 66 MI €), e Nord (ca 18 MI €) Italia e relativi ai primi 15 anni dall'entrata in esercizio di un impianto a biomasse (ca 130 MI €). [da: Cappucci *et al.*, 2010]

Un altro fattore di rilievo, se si vuole fare un confronto con la situazione di altri paesi industrializzati, è che in Italia con la messa in sicurezza di emergenza si sostituisce a volte la bonifica vera e propria, obbligando le imprese a oneri molto prolungati nel tempo, cui non sempre si affianca un intervento risolutore o efficace di rimozione delle sorgenti di inquinamento.

Il risultato finale è che se si confrontano i costi dei pochi sistemi e tecnologie di bonifica utilizzati in Italia, questi risultano molto disomogenei e mediamente più elevati che in altri paesi (figura 8.5). La delibera Cipe n. 61 del 2 aprile 2008, nell'ambito del Quadro Strategico Nazionale (QSN) 2007-2013 aveva avviato il Programma Strategico Speciale (PSS) per il recupero economico produttivo di siti industriali inquinati, *reindustrializzazione*, (nel quale ENEA è citata espressamente, paragrafo 5.1.2, come supporto del Ministero dello Sviluppo Economico per la sua attuazione), ma il suo mancato finanziamento ne ha di fatto bloccato il compimento e non ha permesso di fare quegli investimenti che l'ENEA aveva individuato per lo sviluppo sinergico della protezione dell'ambiente, della produttività del sistema industriale e dello sviluppo ecosostenibile del sistema energetico nazionale. I SIN e i SIR, oltre ad essere numerosi, hanno delle peculiarità che rendono le aree contaminate particolarmente promettenti per la produzione di energia da fonti rinnovabili che, in un'ottica di sviluppo sostenibile, dovrebbero porle al centro di un sistema di ammodernamento del sistema elettrico. Infatti, questi hanno:

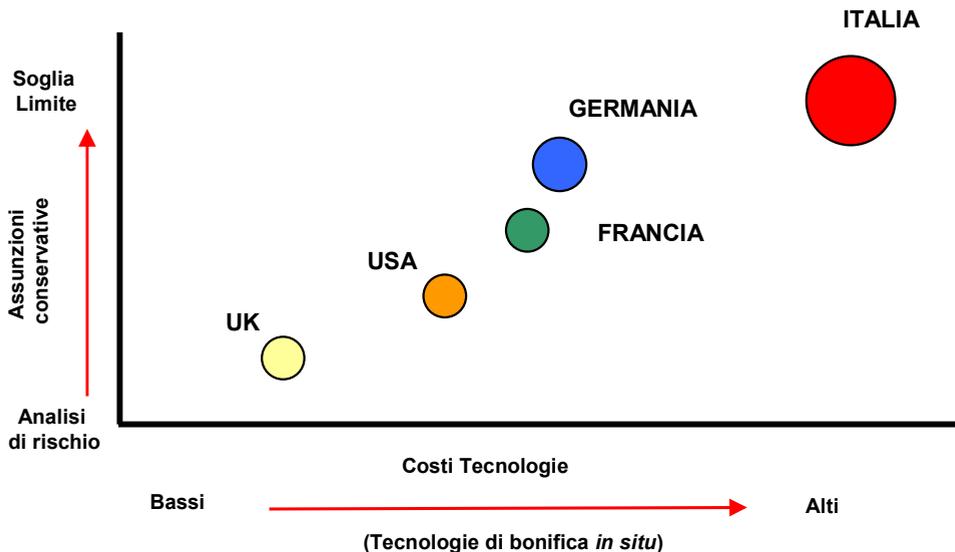
- ampie superfici disponibili per lunghi periodi (20-30 anni);
- alta concentrazione di edifici con ampie superfici di copertura (capannoni e magazzini);
- buona esposizione al regime anemometrico e alla radiazione solare dei siti a terra;
- alta percentuale di siti ubicati lungo la costa con buona esposizione a correnti e moto ondoso;
- necessità di adeguamento portuale con sistemi innovativi;
- facilità di collegamento alla rete elettrica esistente.

Preso atto che l'installazione di impianti fotovoltaici su superfici di circa 10 ha è in grado di produrre utili sufficienti a bonificare *hot spot* di acque sotterranee contaminate di analoga estensione (figura 8.4), e che impianti a biomasse fanno ipotizzare scenari ancor più promettenti (Cappucci *et al.*, 2010)³¹⁷, ne va da se che con una strategia di *green remediation* di ampio respiro, e con adeguati investimenti, si potrebbe incentivare la competitività delle imprese nazionali anziché delocalizzarle.

³¹⁷ Cappucci S., De Lia F., Maffucci M., Montecchio D., Rolle E., "Energie rinnovabili e messa in sicurezza dei siti contaminati: valutazioni tecnico/economiche", in *Proceedings of Remtech 4th Edition Conference*, 6 pp, 2010.

Le tecnologie adottate sui Siti di Bonifica di Interesse Nazionale in Italia sono molto ridotte rispetto alla molteplicità di sistemi e tecnologie disponibili. La classificazione condotta nel presente lavoro, sebbene ancora oggetto di valutazione, dimostra che per le acque di falda, le barriere fisiche e il trattamento costituiscono la quasi totalità degli interventi e le bonifiche, soprattutto nei SIN, sono state realizzate in minima parte. I motivi andrebbero principalmente ricercati in un percorso normativo non sempre chiaro, che invece di garantire la riqualificazione ambientale ha dato luogo a numerosi contenziosi, soprattutto a causa di una reticenza da parte dell'Amministrazione centrale ad accettare l'Analisi di Rischio, come fatto in altri paesi industrializzati. Il risultato finale è che i costi delle tecnologie adottate, oltre ad essere fortemente disomogenei nei vari SIN, sono mediamente più elevati rispetto a quelli degli altri paesi, aggravando in alcuni casi la situazione di crisi in cui versano alcune imprese. La realizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili porterebbe enormi benefici perché se le realtà produttive presenti all'interno dei siti contaminati fossero supportate da una strategia di ampio respiro di investimento, oltre ad una maggiore competitività, le aziende disporrebbero di utili da poter reinvestire per coprire i costi della bonifica, senza dover delocalizzare impianti o intervenire con drastici tagli di spesa in bilancio.

Figura 8.5: Confronto Italia – altri paesi per i costi delle tecnologie di bonifica



9 LE ESPERIENZE ENEA - UNITÀ TECNICA TECNOLOGIE AMBIENTALI

9.1 Quadro di insieme

L'ENEA è da sempre attiva nella ricerca, sviluppo e applicazione ai processi produttivi di tecnologie che, garantendo un minore impatto ambientale, supportino la competitività economica delle imprese italiane. La complessità della tematica, tanto in termini di approcci che di strumenti, si riflette nella pluralità di tipologie di intervento che ha caratterizzato le attività ENEA. Queste si sono sviluppate essenzialmente sulle seguenti linee a livello di studi o valutazioni, ricerca tecnologica o metodologica e progetti specifici:

- ricerca e sviluppo di tecnologie finalizzate all'ecoinnovazione dei sistemi produttivi;
- interventi su singole realtà industriali, rispondenti in genere a logiche di filiera, comportanti l'introduzione di tecnologie avanzate o innovative nel ciclo produttivo finalizzate al contenimento degli impatti e/o alla riduzione dei consumi di materie ed energia;
- studi e valutazioni a supporto dello sviluppo ecocompatibile di realtà produttive territoriali;
- progetti applicativo-diffusivi dei sistemi di gestione ambientale e di Life Cycle Assessment;
- interventi di simbiosi industriale.

A ciò va aggiunto il supporto all'amministrazione centrale dello stato nella sua azione di recepimento, attuazione e monitoraggio delle direttive UE in materia.

L'Unità Tecnica Tecnologie Ambientali (UTTAMB) dell'ENEA svolge in particolare attività di ricerca e sviluppo nel settore delle tecnologie ambientali e contribuisce al loro trasferimento e implementazione al sistema Paese, a sostegno dello sforzo europeo di diventare continente leader nella diffusione e implementazione delle tecnologie ambientali. Tra i principali compiti e funzioni, relativi ai temi di questo libro, rientrano lo sviluppo di tecnologie per l'ecoinnovazione dei cicli produttivi e per la riduzione delle emissioni degli inquinanti organici persistenti (POPs), lo sviluppo di tecnologie per il recupero e/o riciclo di materie prime/seconde, lo sviluppo di tecnologie e metodologie per il trattamento e la gestione sostenibile dei rifiuti e per la gestione sostenibile della risorsa idrica, la diffusione e implementazione di BAT (*Best Available Techniques*), lo sviluppo di metodologie per la costruzione di banche dati settoriali e territoriali per la ecosostenibilità dei sistemi di imprese. UTTAMB si occupa inoltre di certificazione ambientale, e, in particolare, svolge attività di gestione e implementazione di metodologie, processi e strumenti per la certificazione ambientale di "organizzazioni" e "prodotti/servizi" anche considerando l'approccio di ciclo vita (LCA). Fornisce un supporto alle Amministrazioni pubbliche e ai settori produttivi in percorsi di certificazione e di reporting ambientale e un supporto alle Amministrazioni locali nell'elaborazione di percorsi Agenda 21 e di Relazioni sullo Stato dell'Ambiente.

Per quanto riguarda la tematica di bonifiche e riqualificazione ambientale, inquadrata nell'ottica della sostenibilità, UTTAMB svolge attività di valutazione e implementazione di programmi di riqualificazione ambientale per l'implementazione di piani pubblici locali e nazionali e attività di valutazione, confronto e identificazione delle tecnologie di riqualificazione ambientale più appropriate.

Con riferimento alle linee di attività sopra descritte, si riporta, in tabella 9.1, un elenco non esaustivo di alcuni dei Progetti ENEA, di cui UTTAMB è stata coordinatore o partner, singolarmente o in collaborazione con altre Unità tecniche dell'ENEA, più significativi nel campo della sostenibilità dei sistemi produttivi. È in ogni caso opportuno evidenziare come l'innovazione tecnologica nei sistemi produttivi, anche se non sviluppata a partire da esigenze e logiche connesse alla sostenibilità ambientale, possa presentare positivi risvolti e implicazioni in tal senso.

Tabella 9.1: Esempi di progetti rilevanti promossi e realizzati dall'ENEA per la sostenibilità dei sistemi produttivi

Tipologia attività	Esperienza	Descrizione sintetica
Tecnologie recupero/riciclo	Progetto ECOPIOMBO	Sviluppo di un processo di recupero del piombo contenuto nel pastello (costituito dalle parti solide residue dallo smaltimento di batterie al Pb), delle plastiche e della silice microtizzata presente in alcune plastiche.
	Progetto EUREKA	Sviluppo di un processo innovativo di estrazione idrometallurgica per la rimozione e il recupero di metalli da rifiuti urbani e industriali quali ad esempio, ceneri da inceneritori, rifiuti elettronici, loppe di fonderia, ecc.
	Valorizzazione della carta da macero	Individuazione di nuove soluzioni tecnologiche per la valorizzazione del flusso di imballaggi misti ad altra frazione cartacea provenienti dallo sviluppo delle raccolte differenziate avviate nelle Regioni meridionali
	Progetto TyGRE High added value materials from waste tyre gasification residues	Sviluppo e dimostrazione di una soluzione sostenibile per il riciclo totale degli pneumatici – attualmente destinati in massima parte alla discarica - attraverso la promozione di un processo termico dedicato al recupero di materiali ad alto valore aggiunto e di energia dalla gassificazione degli pneumatici

Ricerca e sviluppo di tecnologie finalizzate all'ecoinnovazione dei sistemi produttivi - Interventi su singole realtà industriali	Progetto BATTLE Best Available Technique for water reuse in TexILE SMEs	Validazione di una tecnologia ecoinnovativa per il recupero e il riciclo di acqua nel comparto produttivo tessile, da proporre come BAT (<i>Best Available Technique</i> ai sensi della Direttiva IPPC (<i>Integrated Pollution Prevention and Control</i>) (§ 9.2.1).
	Progetto INTEXUSA Intelligent innovation for sustainable textile production	Sviluppo di un sistema a ultrasuoni per i trattamenti a umido dell'industria tessile quali lavaggio, tintura, finissaggio integrato con il monitoraggio <i>on-line</i> di reflui liquidi, con riduzione del consumo di acqua e di energia per unità di prodotto e i relativi costi (§ 9.2.2).
Studi e valutazioni a supporto dello sviluppo ecocompatibile di realtà produttive territoriali Approcci integrati - simbiosi industriale	Caso studio sul distretto del vetro di Murano	Applicazione dell'approccio integrato per ridurre l'impatto ambientale del distretto: alcune soluzioni (consumi energetici e idrici) sono state trovate applicando i principi della simbiosi industriale.
	Caso studio Arzignano	Applicazione dell'approccio integrato per migliorare sostenibilità del distretto: creazione di un'Agenzia tra i comuni del distretto per pianificare e sostenere interventi sostenibili.
	Progetto Ecoinnovazione Sicilia	Supporto allo sviluppo delle attività produttive nel Sud: interventi pilota per la sostenibilità e la competitività di turismo e aree industriali. Un caso studio di approccio integrato nei settori dei RAEE, della plastica e del turismo sostenibile (§ 9.3).

<p>Progetti applicativo-diffusivi dei sistemi di gestione ambientale e di Life Cycle Assessment</p>	<p>Progetto SIAM <i>Sustainable Industrial Area Model</i></p>	<p>Definizione e applicazione di un Modello di Area Industriale Sostenibile, basato sull'uso, l'adattamento e l'integrazione di tre differenti strumenti comunitari di politica ambientale: la Valutazione Ambientale Strategica (VAS), secondo la Direttiva 2001/42/CE; l'EMAS secondo il Regolamento 761/2001/CE; la Contabilità Ambientale e il Libero Accesso all'Informazione sull'Ambiente, secondo la Direttiva 90/313/CEE.</p>
	<p>Progetto GESAMB GESTione AMBientale nelle organizzazioni del settore agro-alimentare</p>	<p>Assistenza alle piccole-medie imprese del settore agro-alimentare del mezzogiorno per la gestione ambientale e la sicurezza alimentare, ha previsto la realizzazione del primo nucleo di una rete permanente di consulenza alle imprese sui temi della gestione ambientale e della qualità globale.</p>
	<p>Progetto Act-clean Access to Technology and know-how on Cleaner Production in Central Europe</p>	<p>Promozione di tecnologie pulite e ecoinnovazione nelle Piccole e Medie Imprese dei paesi dell'Europa Centrale. Creazione del primo <i>network</i> dell'Europa Centrale per la produzione pulita.</p>
	<p>Progetto Ecoflower</p>	<p>Progetto dimostrativo per la dichiarazione ambientale del prodotto: i fiori di Terlizzi e il marchio ecologico locale "EcoFlower Terlizzi" è stato presentato dal Comune di Terlizzi (Ba) e sostenuto dal Programma Life-Ambiente.</p>
	<p>Progetto LAIPP</p>	<p>Diffusione degli strumenti di IPP nell'Industria del mobile. Utilizzo da parte delle aziende di software specifici per le PMI per la Valutazione del Ciclo di Vita dei prodotti.</p>

Valutazione e implementazione di BAT (<i>Best Available Techniques</i>) in attività produttive industriali	Progetto PHARE Romania	Implementazione di BAT per l'abbattimento delle emissioni in acqua di sostanze pericolose da attività industriali in Romania. In particolare sono state valutate e proposte soluzioni per la sostituzione di sostanze pericolose nei processi produttivi, per l'ecoinnovazione dei processi produttivi e per il trattamento delle acque reflue a valle dei cicli produttivi.
	UNIDO	Definizione e realizzazione di progetti dimostrativi in paesi in via di sviluppo (nell'Est e Sud-Est Asiatico, nell'Europa Centrale e dell'Est, Caucaso e Asia Centrale) come strategia per migliorare la comprensione e l'accettazione delle BAT/BEP e delle metodologie RECP e convincere i leader industriali dei benefici economici, sociali e ambientali derivanti da un diverso modello di produzione.

Nei seguenti paragrafi sono descritti in maniera sintetica e a titolo esemplificativo alcuni dei progetti coordinati da UTTAMB tra quelli elencati sopra.

9.2 Ecoinnovazione nel settore tessile

Nell'ambito della linea di ricerca relativa all'applicazione di tecnologie ambientali in comparti produttivi particolarmente critici in termine di impatto antropico e di gestione della risorsa idrica, negli ultimi anni si sono portati avanti studi e ricerche nel settore tessile.

L'industria tessile svolge un ruolo importante nell'economia dell'Unione Europea, sia a livello di giro d'affari prodotto, che di occupazione. Tuttavia il settore tessile è particolarmente idroesigente e il suo impatto maggiore sull'ambiente è legato al consumo di acqua primaria (50-500 m³/t di prodotto finito) e di scarico delle acque reflue, che presentano diversi caratteri di criticità (115-175 kg di COD/t di prodotti tessili finiti, vasta gamma di prodotti chimici organici, bassa biodegradabilità, coloranti, salinità). Altro punto di criticità nel settore tessile è rappresentato dal consumo energetico, particolarmente critico negli ultimi anni per l'aumento dei prezzi energetici che sta interessando il nostro paese, nonché in conseguenza del recente irrigidimento della normativa sulla qualità delle acque reflue, che ha reso necessario l'adeguamento in termini di funzionamento ed efficacia degli impianti di trattamento esistenti. L'industria tessile, una delle più forti realtà industriali nazionali, ha bisogno, come evidenziato a livello europeo (in particolare nell'ambito della Piattaforma del Tessile e della Strategic Research Agenda), dell'introduzione di una serie di innovazioni nei processi produttivi, che

consentano di affrontare e risolvere rapidamente alcuni problemi e migliorare la competitività e la crescita potenziale di questo settore industriale. In tal senso risulta prioritario lo sviluppo di sistemi ottimizzati finalizzati alla sostenibilità ambientale che consentano il risparmio delle risorse idriche ed energetiche e la riduzione delle emissioni.

L'acqua, in particolare, è un tema di grande interesse per l'Unione Europea, che da tempo sottolinea la necessità di un cambiamento di rotta nei modelli gestionali di questa importante risorsa, allontanando il rischio di un suo eccessivo impoverimento, che avrebbe gravi conseguenze economiche, ambientali e sociali. Secondo la direttiva 96/61/CE, conosciuta come Direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*), sia le grandi imprese che le piccole e medie imprese (PMI), aventi una capacità di produzione maggiore di 10 tonnellate al giorno di prodotto finito (tessuti nel caso delle aziende tessili), dovrebbero mettere in atto le migliori tecnologie disponibili, BAT (*Best Available Technique*), proposte in specifici documenti di riferimento (BREF, BAT Reference). Nell'ambito di progetti finanziati dalla Commissione Europea (BATTLE e INTEXUSA), sono state sviluppate e implementate, da ENEA insieme ai vari partner, tecnologie ambientali in scala dimostrativa per l'eco-innovazione di processo quali: i) tecnologia per la gestione idrica a basso impatto all'interno dell'industria tessile proposta come BAT ai sensi della direttiva europea 96/61/CE "*Integrated Pollution Prevention and Control*" - IPPC, recepita in Italia col D.Lgs. 372; ii) "Sistema Esperto" per il controllo *on-line* degli effluenti derivanti dai processi produttivi tessili, e utilizzo in scala reale all'interno della Stamperia di Martinengo, con un risparmio di almeno il 50% di acqua naturale, la rimozione dell' 80-90% della materia organica totale, del 99% dei solidi sospesi totali, e dell'80-85% dei coloranti; iii) sistema a ultrasuoni per i trattamenti a umido dell'industria tessile quali lavaggio, tintura, finissaggio integrato con il monitoraggio *on-line* di reflui liquidi, con riduzione del consumo di acqua e di energia per unità di prodotto e i costi relativi.

9.2.1 Il progetto BATTLE

Nel documento di riferimento per il settore tessile (*Textile BREF*) vengono proposte varie BAT che mirano alla prevenzione dell'inquinamento, riducendo l'impatto ambientale dei processi di produzione; il documento contiene però solo raccomandazioni generali per quel che riguarda il trattamento delle acque reflue e il loro riutilizzo. Attualmente nelle PMI tessili non vengono di norma implementate tecnologie che consentono il riutilizzo delle acque reflue; i sistemi produttivi tessili hanno infatti tradizionalmente impiegato modelli di gestione basati su un utilizzo indiscriminato delle sorgenti idriche primarie, erroneamente considerate inesauribili e liberamente disponibili; perciò non si è mai cercato l'adattamento della qualità dell'acqua alle specifiche esigenze di utilizzo e sono state sempre impiegate fonti idriche di elevata qualità per processi che avrebbero richiesto invece, caratteristiche di purezza decisamente inferiori. L'acqua già

utilizzata, inoltre, è sempre stata vista come un rifiuto da smaltire e, per questo, le reti fognarie normalmente raccolgono e miscelano gli effluenti provenienti da diversi processi, precludendo la possibilità di riuso degli effluenti meno concentrati, sia direttamente che dopo trattamenti specifici in impianti di depurazione.

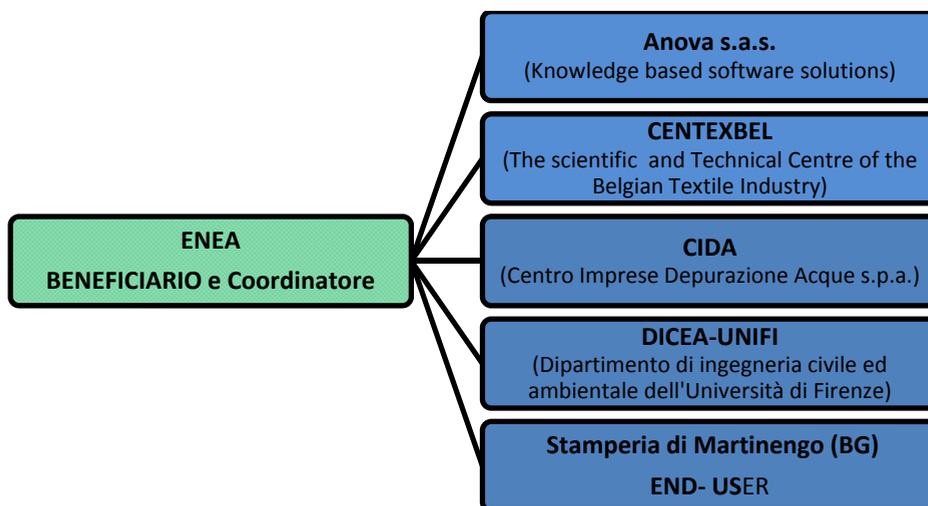
Il progetto LIFE BATTLE ha proposto, in questo contesto, una nuova tecnologia di selezione e trattamento dei reflui industriali, che consente il riutilizzo di circa il 50% dell'acqua di processo in industrie tessili. Il progetto, coordinato da ENEA, è stato ammesso a cofinanziamento nel programma Life III nel 2005, e si è svolto in un periodo di 3 anni (dal 1 Dicembre 2005 al 30 Novembre 2008). Il partenariato del progetto è specificato in figura 9.1.

Obiettivi e descrizione del progetto BATTLE

Gli obiettivi principali del progetto BATTLE comprendono:

- valutazione dell'applicabilità delle BATs (*Best Available Techniques*) nelle PMI del settore tessile, per l'implementazione della direttiva europea 96/61/CE o direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*);
- sviluppo e validazione di un sistema innovativo per il riciclo dell'acqua di lavorazione all'interno di un industria tessile, al momento non contemplata nei documenti di riferimento per il settore (BREF Textile). Il sistema è stato proposto come BAT di riferimento per le PMI;
- attirare l'attenzione sull'importanza dei benefici e delle opportunità derivanti dall'implementazione delle migliori tecnologie disponibili all'interno delle PMI europee.

Figura 9.1: Partenariato del progetto LIFE BATTLE - (Best Available Technique for water reuse in TexiLE SMEs)



Il progetto ha dimostrato la fattibilità tecnica ed economica di una tecnologia di riciclo di reflui liquidi, per il settore tessile, e ha proposto una soluzione creata “*ad hoc*” sulla base di una efficiente segregazione degli effluenti in uscita dai vari reparti di produzione. In particolare, il progetto era suddiviso nelle seguenti fasi di attività tecnica:

- esercizio del sistema depurativo per la valutazione delle sue prestazioni;
- progettazione e realizzazione dell’impianto dimostrativo di recupero e riutilizzo dei reflui;
- indagine sullo stato di applicazione delle BAT nelle PMI tessili europee e audit dell’azienda *end user* (Stamperia di Martinengo, BG);
- valutazioni sperimentali di laboratorio delle tecnologie depurative e valutazione preliminare per la progettazione del l’impianto dimostrativo.

La metodologia utilizzata consiste di diverse fasi progettuali:

- studio della qualità e della quantità di effluenti prodotti nell’azienda *end user* (Stamperia di Martinengo, BG);
- differenziazione degli effluenti riutilizzabili da quelli non riutilizzabili nei processi di produzione;
- valutazione dei requisiti necessari per determinare l’idoneità del refluo al riutilizzo;
- selezione dello scenario di riutilizzo e degli schemi di trattamento più efficienti e in termini di rapporto costo su benefici;
- progettazione e costruzione dell’impianto dimostrativo di riutilizzo dei reflui per dimostrare l’applicabilità della tecnologia proposta nella Stamperia di Martinengo (BG). L’impianto è dimensionato per una capacità di trattamento di circa 500 m³/giorno.

Impianto di recupero acqua

I macchinari dell’azienda che producono effluenti con adeguate caratteristiche sono collegati ad una rete duale di raccolta delle acque reflue. In figura 9.2 è mostrato lo schema concettuale dell’impianto così come è stato realizzato. I reflui idonei al riutilizzo sono raccolti separatamente e inviati ad un serbatoio di stoccaggio e omogeneizzazione; gli stessi sono trattati nell’impianto di ultrafiltrazione (UF) a membrana per il loro successivo riutilizzo. Prima di essere inviati alla rete di distribuzione idrica, gli effluenti trattati sono miscelati con la quota parte di acqua primaria necessaria al soddisfacimento dei bisogni idrici aziendali. Gli effluenti non adatti per il riutilizzo, insieme con il concentrato prodotto nel processo di ultrafiltrazione, sono trattati nell’impianto biologico di depurazione esistente, che rende il refluo idoneo per lo scarico in acque superficiali. Le membrane utilizzate per il trattamento di UF sono a fibra cava immersa. Questo trattamento consente la completa rimozione del materiale in sospensione e una non trascurabile riduzione del colore. La selezione degli effluenti per il rinvio al riutilizzo e allo scarico è effettuata in automatico da un

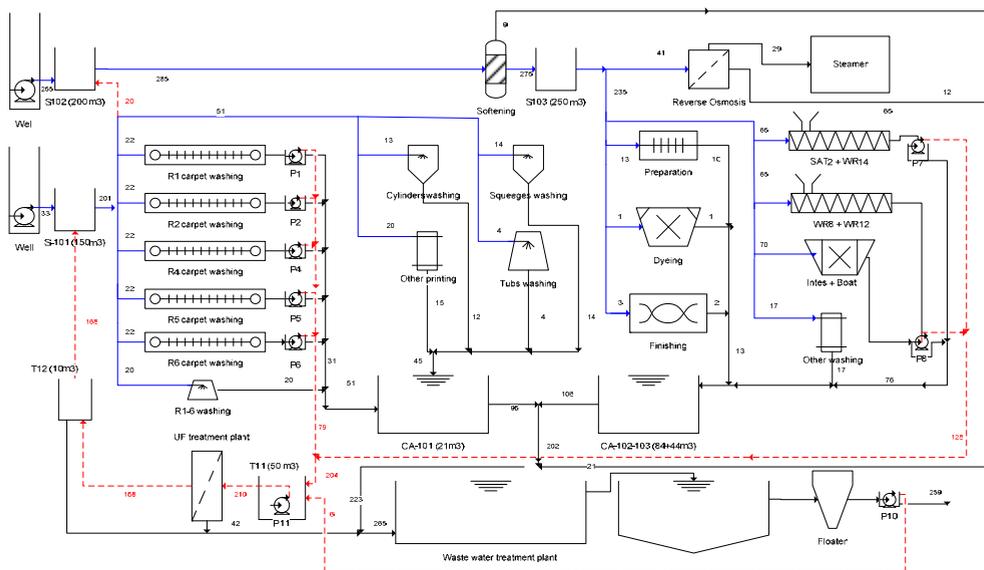
sistema esperto (SE), in grado di operare *on-line* il controllo della qualità degli effluenti in uscita da ogni macchina di produzione o processo produttivo.

Risultati e valutazione di impatto ambientale

Nella tabella 9.2 sono riportati i dati relativi ai primi tre mesi di marcia (gennaio-marzo 2009) dell'impianto di recupero acqua installato presso la Tintostamperia di Martinengo e delle prestazioni medie dell'impianto nello stesso periodo; tali dati mostrano un andamento sostanzialmente diverso di mese in mese, segnando l'evoluzione dalle prime fasi di rodaggio al funzionamento a pieno regime.

Nella tabella sono riportate le prestazioni dell'impianto durante il primo mese di prova; in questo periodo l'impianto ha prodotto mediamente 374 m³ al giorno trattando complessivamente circa 500 m³ al giorno di reflui come da progetto; nelle giornate in cui l'impianto ha marciato senza interruzioni la quantità di acqua trattata è stata stabilmente al di sopra di 600 m³ e quella prodotta recuperata al di sopra dei 500 m³. La qualità dell'acqua depurata in questo periodo è stata sempre conforme agli obiettivi prefissi; inoltre tutta la produzione aziendale, corrispondente a circa 1000 m lineari di tessuto al mese, è stata ottenuta utilizzando una miscela di acqua primaria e acqua recuperata in rapporto variabile arrivando fino a picchi del 50% di acqua recuperata. Per tutto il periodo

Figura 9.2: Schema concettuale impianto BATTLE



Fonte: ENEA, progetto BATTLE

considerato, la qualità della produzione è stata idonea alle specifiche dell'azienda e nessun problema è stato evidenziato in merito dai responsabili di produzione.

I benefici ambientali ottenuti con la nuova BAT proposta per trattamento delle acque reflue e il loro riutilizzo nei processi di produzione sono legati principalmente al minore consumo di acqua. L'impianto dimostrativo sarà mantenuto in funzione nell'azienda *end user*, permettendo una considerevole riduzione del consumo di acqua primaria. L'azienda inoltre prevede di aumentare la capacità di trattamento dell'impianto fino a portarla ad un 50% del fabbisogno. Il riutilizzo degli effluenti ha inoltre ridotto il carico idraulico dell'impianto biologico di trattamento (WWTP). Questo ha permesso un incremento delle prestazioni ambientali, consentendo una più efficiente rimozione di inquinanti prima dello scarico delle acque reflue nel corpo idrico recettore. I risultati del progetto vogliono essere una valida spinta all'attuazione del riutilizzo delle acque reflue in un settore industriale in cui questa pratica risulta fondamentale, ma ancora poco diffusa. In conformità con la direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE, il progetto BATTLE promuove una gestione sostenibile delle risorse idriche. La metodologia sviluppata consente un minore consumo di acqua di alta qualità, come le acque sotterranee di falda, da parte delle industrie tessili, attraverso una tecnologia efficiente di trattamento finalizzato al riciclo. La tecnologia di trattamento applicata alla stamperia di Martinengo può essere trasferita, con opportuni adattamenti a esigenze specifiche, a diverse realtà industriali (industria conciaria, agroalimentare, alcune industrie chimiche) caratterizzate da un elevato consumo di acqua e una significativa variabilità nella qualità degli effluenti prodotti.

Tabella 9.2: Prestazioni dell'impianto dimostrativo di riuso installato presso SdM

Totale acqua trattata recuperata (m ³)	7.691
Media tot giornaliera acqua recuperata (m ³ /d)	373
Media giornaliera acqua recuperata escluse giornate fermo impianto e controllo (m ³ /d)	503
Media oraria acqua trattata recuperata (m ³ /h)	31
Totale tessuti stampati (m) utilizzando acqua recuperata	1.310.764
Fattore di recupero impianto di UF	0,7

Fonte: ENEA, progetto LIFE BATTLE

9.2.2 Il progetto INTEXUSA

Il progetto INTEXUSA mirava a sviluppare metodologie innovative per migliorare i processi di produzione tessile, attraverso l'applicazione di tecnologie innovative, al fine di risolvere le criticità relative al settore di interesse. In particolare, il progetto di eco-innovazione INTEXUSA intendeva sviluppare e ottimizzare l'applicazione del trattamento a ultrasuoni (US) nell'industria tessile su processi a umido quali appunto il lavaggio, la tintoria e il finissaggio per i diversi tipi di fibre, filati e tessuti. Inoltre l'integrazione dei processi coadiuvati con US con una tecnologia innovativa per il controllo *on-line* dei parametri operativi e per il monitoraggio dei reflui in uscita, consente di migliorare i processi industriali e relativi prodotti attraverso l'ottimizzazione delle quantità di materiali e sostanze chimiche utilizzate.

In particolare, l'integrazione di questi due aspetti consente di:

- migliorare la qualità dei processi e dei prodotti attraverso la riduzione e l'ottimizzazione della quantità di *chemicals* e ausiliari utilizzati (emulsionanti, disperdenti, imbibenti, coloranti, ausiliari organici di processo);
- ridurre il consumo di acqua ed energia per unità di prodotto e relativi costi di produzione;
- accrescere l'efficienza energetica dei processi tintoriali attraverso la riduzione dell'impatto ambientale.

Il tutto con uno sguardo attento alla qualità dei prodotti finali che deve essere almeno uguale, se non superiore, rispetto a quanto ottenuto con i processi tradizionali, così come è necessario tutelare la competitività e il potenziale di crescita delle aziende interessate.

Il progetto prevedeva come sede del partenariato e della sperimentazione il biellese, cioè il polo laniero più qualificato del mondo. Infatti, i filati qui prodotti rappresentano invariabilmente l'alta gamma a livello mondiale del settore con macchinari e lavorazioni più sofisticate; al tempo stesso qui confluiscono le fibre più preziose, prodotte in loco e selezionate all'origine in molti paesi del mondo. Il sistema industriale biellese è composto da un numero molto elevato di aziende di piccole-medie dimensioni e riveste ormai da tempo un ruolo decisivo nell'economia di tutta la nazione.

La *partnership* del progetto ha visto la partecipazione di due aziende meccano-tessili, alle quali l'ENEA e il Politecnico di Torino hanno dato il giusto supporto per la costruzione di macchinari tessili adibiti al trattamento con US, che a loro volta sono stati testati nelle aziende *end user* del progetto. In particolare quindi il partenariato era così composto:

- beneficiario: OBEM (azienda meccano-tessile per la tintura);
- partner: ENEA, Politecnico di Torino (sede decentrata di Biella), FLAINOX (azienda meccano-tessile per la tintura);

- *partner/end user*: Finissaggio di Trivero, Tintoria Ferrarsi, Industria Tessile Tintoria.

Obiettivi e descrizione del progetto INTEXUSA

Il progetto ha proposto un significativo miglioramento tecnologico nel campo tessile, finalizzato alla sostenibilità dei processi tessili a umido, sia in termini economici che ambientali. Infatti, l'applicazione degli ultrasuoni ai processi di produzione tessile, attraverso il fenomeno della cavitazione, è in grado di migliorare l'efficienza degli stessi attraverso l'intensificazione e accelerazione del trasferimento di massa tra il bagno e il materiale tessile. I miglioramenti osservati nei processi di tintura assistita da ultrasuoni, sono dovuti principalmente a:

- dispersione del colorante;
- degassamento (espulsione di aria intrappolata nella fibra);
- diffusione (accelerazione della velocità di diffusione del colorante all'interno della fibra);
- intensa agitazione del liquido del bagno di tintura.

Le attività di sperimentazione del progetto sono state quindi finalizzate a mostrare come gli ultrasuoni possano rafforzare la lavorazione di diversi materiali tessili, così da suggerire criteri e strategie di ottimizzazione per lo *scaling-up* e dunque le applicazioni in campo industriale. Gli obiettivi principali del progetto INTEXUSA sono stati quindi:

- il miglioramento dei processi e dei prodotti tessili attraverso la riduzione e/o l'ottimizzazione della quantità di risorse e dei prodotti chimici utilizzati;
- la riduzione del consumo specifico di acqua e di energia per unità di prodotto e dei costi relativi;
- l'incremento dell'efficienza dei processi, con riduzione dell'impatto ambientale sia per quanto riguarda gli effluenti liquidi che gassosi.

A questi si sono aggiunti i seguenti obiettivi intermedi:

- riduzione del consumo di acqua al minimo necessario e sufficiente per il funzionamento del processo di tintura e/o lavaggio di tipo tradizionale;
- riduzione delle emissioni in aria di CO₂;
- riduzione dell'impiego di sostanze organiche (coloranti, disperdenti, imbibenti e ausiliari vari) con conseguente minore carico inquinante dei reflui e costi di depurazione connessi;
- riduzione della domanda energetica in virtù dei tempi e delle temperature di processo ridotte;
- ottenimento di una qualità del prodotto finale uguale e in alcuni casi migliore di quello ottenuto con i processi tintoriali classici; ciò è dovuto alle temperature più basse alle quali è sottoposto il materiale che in questo modo mantiene inalterate le sue caratteristiche strutturali originarie (caso studio: lana).

Una ulteriore innovazione tecnologica proposta nel corso del progetto INTEXUSA è stata la progettazione e realizzazione di un Sistema Esperto prototipale indicato come EMS (*Computer-Based Expert Monitoring Prototyped System*), costituito da una rete di sensori specializzata nell'acquisizione dati, in tempo reale, della qualità delle acque e non solo, che sono stati installati sulle macchine prototipali fornite di trasduttori US, costruite nel corso del progetto. In particolare, è stato adottato un nuovo approccio inferenziale per la misurazione *on-line* basato su un adeguato numero di dispositivi ognuno dei quali è in grado di rilevare e valutare i diversi parametri per stabilire uno specifico indicatore delle performance di processo, e realizzare così l'automazione e controllo dei processi stessi.

Risultati

Il progetto, dopo una fase di approfondimento delle conoscenze relative all'interazione tessuto-ultrasuoni-*chemicals*, è proseguito con una serie di prove in scala-banco relative a due fasi critiche del processo tintoriale cioè la fase di tintura e la fase di lavaggio dei tessuti. Ciò è stato provato utilizzando diverse tipologie di macchine tessili e diverse tipi di tessuti quali lana, cotone, seta, poliestere. I risultati preliminari hanno permesso:

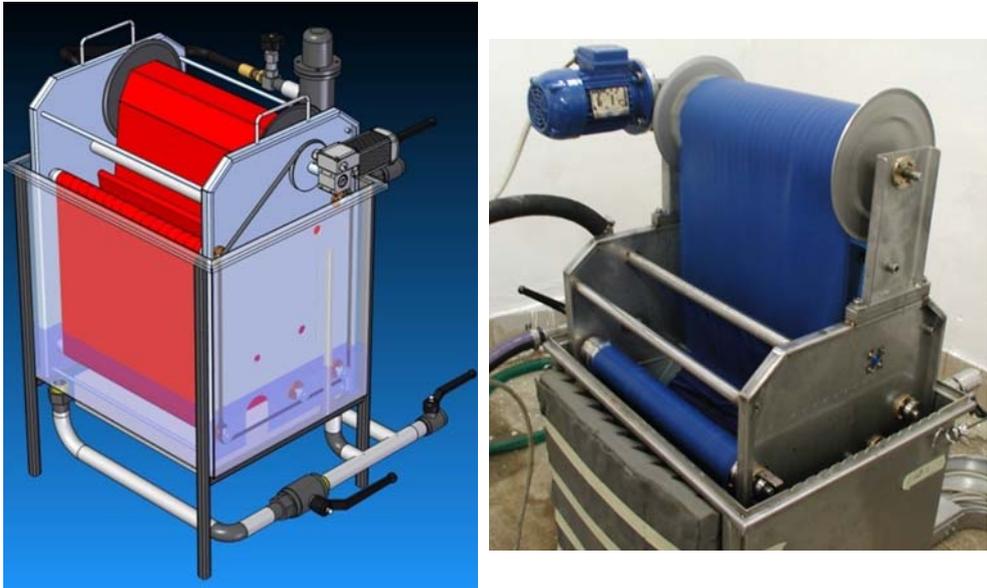
- la scelta di alcune macchine che, opportunamente modificate per geometria, risultano più promettenti per l'utilizzo di US e il raggiungimento degli obiettivi progettuali (tintura in piano);
- la scelta delle fibre tessili sulle quali gli US hanno un reale impatto migliorativo (fibre naturali quali lana e cotone).

I migliori risultati di tintura si sono ottenuti col prototipo di laboratorio di costruzione OBEM per la tintura di tessuti in piano (figura 9.3), e possono essere riassunti in una maggior velocità di salita del colorante e un miglior esaurimento del bagno; in particolare, i risultati così ottenuti in relazione ai processi tradizionali (senza US) si possono riassumere in:

- aumento dell'esaurimento del bagno a parità di tempo;
- diminuzione della temperatura di tintura (50 °C rispetto ai 98 °C del ciclo tintoriale tradizionale per la lana e 60 °C rispetto agli 85 °C nel caso del cotone);
- diminuzione del tempo di tintura a parità di esaurimento;
- buona uniformità di colore sulla superficie di tutto il materiale;
- solidità paragonabili alle tinture tradizionali.

Al momento il progetto è in fase di ultimazione, e si stanno effettuando prove in scala significativa presso uno degli *end user*, Finissaggio di Trivero, utilizzando una macchina di scala industriale opportunamente modificata. I risultati ottenuti sono positivi e dimostrano, pure se con alcuni limiti, la bontà dell'idea progettuale sviluppata.

Figura 9.3: Apparecchiatura prototipale OBEM per tintura tessuti in piano



9.3 Il progetto Ecoinnovazione Sicilia

Il progetto “Ecoinnovazione Sicilia” rappresenta per la Unità Tecnica Tecnologie Ambientali una importante opportunità per sviluppare e applicare, in una regione come la Sicilia, una strategia di supporto alla competitività economica delle imprese – soprattutto PMI – in settori strategici come il turismo e la valorizzazione energetica e il recupero di materie pregiate da alcune tipologie di rifiuti industriali; attività perfettamente in linea con la *mission* dell’ENEA sia per quanto riguarda la ricerca e la innovazione tecnologica che per quanto riguarda il supporto tecnico-scientifico alla Pubblica Amministrazione centrale e locale e alle imprese.

Il progetto nasce dalla approvazione della Legge finanziaria 2010, con modifiche inserite nella Legge di stabilità 2011, che prevedeva un finanziamento nel triennio 2010 - 2012 in favore di CNR ed ENEA, attraverso il MIUR, per l’incentivazione di progetti coordinati sui temi energia, tutela ambientale, agroindustria e biofarmaci per lo sviluppo e promozione di metodologie e tecnologie innovative, al fine di consentire lo sviluppo del tessuto produttivo nel Mezzogiorno e nelle province del Lazio, dell’Abruzzo e del Molise.

In questo ambito UTTAMB ha predisposto il progetto strategico denominato “Ecoinnovazione Sicilia - Supporto allo sviluppo delle attività produttive nel Sud: interventi pilota per la sostenibilità e la competitività di turismo e aree industriali”.

Il progetto prevede la realizzazione di studi, progettazione e sviluppo di metodologie e tecnologie per la ecoinnovazione di alcuni processi produttivi, con una applicazione al settore dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed elettroniche (RAEE) e della plastica e al settore del turismo nell'arcipelago delle isole Egadi (Trapani).

Il progetto, che presenta un approccio integrato assolutamente innovativo rispetto allo sviluppo della sostenibilità dei sistemi produttivi, persegue i seguenti obiettivi strategici per la Regione Sicilia, il Mezzogiorno e il Paese:

- favorire la ecosostenibilità di alcuni settori produttivi significativi della Regione, in particolare il settore dei rifiuti RAEE e plastiche e il settore del turismo nelle isole minori;
- stimolare strategie di impresa ecocompatibili e favorirne la competitività, nei settori citati, attraverso la realizzazione di una serie di azioni di ricerca, sviluppo, promozione e l'implementazione pratica e la messa in opera sul territorio di strumenti tecnologici e metodologici, finalizzati alla ecoinnovazione delle attività produttive;
- promuovere la consapevolezza delle imprese, soprattutto le PMI, sulla necessità di mettere a sistema le conoscenze/capacità disponibili e sulle opportunità di crescita economica offerte dall'implementazione di tecnologie e metodologie ecosostenibili, con particolare riguardo ai settori produttivi dei RAEE, della plastica e del turismo;
- supportare la Pubblica Amministrazione locale nella individuazione delle più opportune priorità e strategie nella programmazione di interventi nei settori citati, nella individuazione delle migliori metodologie e tecnologie ecocompatibili, fornendo consulenza tecnico-scientifica di alto livello.

Il progetto prevede anche la realizzazione sul territorio della Regione Sicilia di alcuni impianti pilota dimostrativi e metodologie/prodotti di supporto alle decisioni per l'ecoinnovazione delle attività produttive nei settori considerati.

In questo contesto diventa essenziale sviluppare e applicare le migliori e più innovative tecnologie ambientali, intese non solo come singole tecnologie, ma anche come l'insieme di sistemi che includono procedure, metodologie, piani di gestione che rappresentano oggi lo strumento per ridurre il consumo di materie prime ed energia, per ridurre le emissioni di inquinanti nell'ambiente, per minimizzare i problemi connessi allo smaltimento dei rifiuti, per recuperare materia ed energia dai rifiuti.

Punti di forza del progetto sono la multidisciplinarietà – molte sono le discipline scientifiche, le opzioni tecnologie e metodologiche che verranno studiate e proposte – la interdisciplinarietà, la replicabilità degli interventi e delle soluzioni individuate in realtà industriali e turistiche del Mezzogiorno e del Paese in generale.

9.3.1 Gli attori coinvolti

Gli interventi previsti dal progetto richiedono una forte interazione e collaborazione, sin dalla fase di avvio delle attività, tra istituzioni di ricerca nazionali, il settore imprenditoriale – Associazioni di categoria, singole imprese, Consorzi pubblici e privati – e Pubblica Amministrazione centrale e locale.

Il settore imprenditoriale quindi è visto non tanto come utente finale e beneficiario dei risultati del progetto, ma piuttosto come *partner* sia nella individuazione delle problematiche tecnologiche e ambientali che nella individuazione, sviluppo e applicazione di strategie e tecnologie di impresa ecocompatibili.

Infine il coinvolgimento della cittadinanza è, per alcune attività previste dal progetto, essenziale per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

La implementazione di un progetto integrato, e il coinvolgimento di tutti gli attori interessati, dovrebbe infine favorire l'interesse del settore finanziario, come quello dello stesso settore industriale, nel finanziamento delle successive fasi di sfruttamento dei risultati e di realizzazione di impianti a scala reale.

9.3.2 Articolazione del progetto

Il progetto si articola in 4 *Work Package* di cui i primi due WP ne rappresentano il cuore operativo e sono relativi a due settori produttivi distinti (RAEE e plastica e turismo ecosostenibile), il terzo WP è trasversale e comprende attività di studi dei risultati ottenuti al termine del progetto, il quarto WP è relativo prettamente agli aspetti di coordinamento e disseminazione dei risultati:

Work Package 1 Interventi di eco innovazione nel settore dei rifiuti da Apparecchiature Elettroniche (RAEE) e della Plastica, con la progettazione e realizzazione di strumenti tecnologici e metodologici.

Work Package 2 Intervento pilota per favorire il turismo sostenibile nell'arcipelago delle Isola Egadi (Favignana, Marettimo e Levanzo).

Work Package 3 Analisi e valutazione delle ricadute ambientali ed economiche e della replicabilità dei risultati del progetto.

Work Package 4 Coordinamento e diffusione dei risultati.

Nella tabella 9.3 sono indicate in sintesi le attività previste per ogni *Work Package*.

Tabella 9.3: Attività previste nei vari Work Package del progetto Ecoinnovazione Sicilia

WP1	Sostenibilità dei sistemi produttivi nel territorio Sicilia: un intervento pilota nei settori delle apparecchiature elettroniche e della plastica	
	Task 1	Tecnologie di recupero materie prime e gestione integrata RAEE
	Task 2	Tecnologie di valorizzazione e riciclaggio di residui nelle plastiche
	Task 3	Sviluppo di una Piattaforma regionale di simbiosi industriale
WP2	Turismo sostenibile: un intervento pilota nell'Arcipelago delle Isole Egadi (Favignana, Marettimo, Levanzo)	
	Task 1	Tecnologie di gestione sostenibile della risorsa idrica
	Task 2	Sviluppo e implementazione di modelli gestione sostenibile dei rifiuti
	Task 3	Gestione risorse naturali
	Task 4	Certificazione ambientale
WP3	Valutazione delle ricadute e della replicabilità dei risultati del progetto	
	Task 1	Definizioni opzioni tecnologiche individuate in WP1 e WP2
	Task 2	Definizione scenari di implementazione dei risultati del progetto
	Task 3	Analisi costi/benefici degli scenari proposti
WP4	Coordinamento, relazioni esterne e disseminazione dei risultati	

Work Package 1 - Sostenibilità dei sistemi produttivi nel territorio Sicilia: un intervento pilota nei settori delle apparecchiature elettroniche e della plastica

L'innovazione di prodotto e di processo permea ogni attività di un'impresa e riguarda sia i processi operativi che le strategie e l'organizzazione aziendale ed è elemento determinante, come approccio sistemico, per la competitività dell'impresa. In questo contesto diventa essenziale sviluppare e applicare le migliori e più innovative tecnologie ambientali, intese non solo come singole tecnologie, ma anche come l'insieme di sistemi che includono procedure, metodologie, piani di gestione (che rappresentano oggi lo strumento per ridurre il consumo di materie prime ed energia e delle emissioni di inquinanti nell'ambiente, minimizzare i problemi connessi allo smaltimento dei rifiuti e recuperare materia ed energia dai rifiuti) ecc.

Particolare importanza strategica rivestono i rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche che sono prodotti in elevata quantità anche in conseguenza del grande sviluppo tecnologico degli ultimi decenni. Secondo alcune recenti stime, lo scorso anno in Italia sono state raccolte più di 193 mila tonnellate di RAEE, con un incremento del 200% rispetto all'anno 2008. Per assicurare una corretta gestione

dei RAEE, nel luglio 2005 è stato approvato il decreto (D.L. 25 luglio 2005, n° 151) di recepimento della Direttiva Comunitaria WEEE (*Waste from Electrical and Electronic Equipment*) 2002/96/CE e della Direttiva Comunitaria RoHS - Restriction of Hazardous Substances 2002/95/CE, che hanno la finalità di prevenire la produzione di RAEE e promuoverne il riutilizzo e il riciclaggio. La pericolosità ambientale di queste apparecchiature viene spesso sottovalutata e l'obiettivo di queste normative è quello di ridurre la quantità da avviare allo smaltimento in discarica.

I dati contenuti nel Rapporto Annuale RAEE 2010 indicano come in Italia siano stati raccolti complessivamente 245.350.782 kg di RAEE nel corso dell'anno con un aumento di oltre il 27% su base annua rispetto al 2009, con una media pro-capite pari al 4,07 kg per abitante ossia oltre l'obiettivo di 4 kg/ab fissato dalla normativa europea. Le missioni di ritiro dei RAEE presso i Centri di Raccolta che i Sistemi Collettivi hanno effettuato nel corso del 2010 sono state complessivamente 139.867, il 27% in più rispetto al 2009. I Centri di Raccolta, presenti sul territorio nazionale, raggiungono quota 3.564, con un +17% rispetto all'anno precedente e offrono i propri servizi a 6.246 Comuni con una popolazione servita pari all'89,62% della popolazione totale. Nella raccolta il Raggruppamento R3, costituito da TV e monitor, ha rafforzato ulteriormente la propria quota pari al 33,03% rispetto al totale dei RAEE raccolti.

Apparecchi e apparecchiature contengono, in quantità variabili, schede elettroniche, circuiti elettrici ed elettronici, memorie ecc. che a loro volta includono svariati materiali, anche pregiati, quali oro, argento, rame, vanadio e terre rare, che possono essere recuperati con ottime percentuali di resa, preservando le risorse naturali e recuperando risorse economiche. Una moderna apparecchiatura elettronica può contenere oltre 60 elementi evidenziando, quindi, quanto sia importante avviare programmi di recupero e riciclaggio dei RAEE allo scopo di salvaguardare le risorse naturali.

I rifiuti di plastiche miste costituiscono circa il 20% in peso nella composizione merceologica dei rifiuti urbani in Italia (ISPRA, 2009), mentre la plastica contenuta nei RAEE può raggiungere anche il 30% in peso dell'apparecchiatura stessa. Il recupero delle plastiche è affidato, per la parte relativa agli imballaggi, al COREPLA che, secondo i dati dell'ultimo rapporto disponibile (COREPLA, 2009) indica che le percentuali di recupero di materia sono del 40%, mentre la quantità di plastiche miste raccolte da raccolta differenziata è sostanzialmente destinato al recupero di energia. Per quanto riguarda le plastiche da RAEE, invece, le percentuali di riciclaggio sono molto modeste, e i quantitativi in gioco rendono dunque particolarmente interessante lo sviluppo di processi e tecnologie volte alla loro valorizzazione.

Le attività che si svolgeranno con questo progetto intendono sviluppare strumenti, metodologie e tecnologie, anche tramite la realizzazione di prototipi, per l'innovazione e la sostenibilità di sistemi produttivi nel territorio della regione Sicilia nei settori delle apparecchiature elettroniche (RAEE) e delle plastiche. In

linea con quanto sopra riportato e nell'ottica di un incremento del ritorno economico nella regione Sicilia, le attività comprenderanno lo sviluppo e l'implementazione di tecniche di separazione selettiva di tipo idrometallurgico per il recupero dei metalli preziosi contenuti nelle schede elettroniche e di tecnologie di valorizzazione e di riciclaggio delle componenti plastiche dei RAEE e di altre plastiche miste. Le attività comprenderanno inoltre lo sviluppo e l'implementazione di una piattaforma regionale di simbiosi industriale e la sua applicazione ai settori del RAEE e della plastica.

In particolare sono previsti lo sviluppo e l'ottimizzazione di tecnologie per il recupero di metalli preziosi da rifiuti elettronici. Le tecnologie sviluppate saranno poi implementate nella progettazione e realizzazione di un impianto pilota ubicato in territorio siciliano. È inoltre previsto lo sviluppo e l'ottimizzazione di tecnologie per la termo valorizzazione delle plastiche miste da rifiuti elettronici per la produzione di syngas; le prove sperimentali saranno allargate anche ad altri rifiuti di materie plastiche oltre i RAEE. I risultati ottenuti saranno utilizzati per la progettazione di un impianto pilota da essere utilizzato in Sicilia. Parallelamente alle attività di sviluppo e ottimizzazione di tecnologie per il trattamento di RAEE e plastiche, sarà sviluppata una piattaforma regionale di simbiosi industriale che verrà, nell'ambito del progetto, implementata principalmente con dati relativi ai settori dei RAEE e delle plastiche per il territorio della regione Sicilia. La Piattaforma, più ampiamente illustrata nel box 3.3 del capitolo 3, è una struttura informativa complessa che ha l'obiettivo di far incontrare domanda ed offerta di risorse, secondo i principi della simbiosi industriale. Secondo questo approccio la simbiosi si realizza fra industrie dissimili che hanno interesse, anche economico, a scambiarsi risorse (intese come materiali, rifiuti, sottoprodotti, energia, servizi ed expertise). La struttura della Piattaforma si fonda su tre strumenti: 1. una banca-dati georeferenziata, 2. un sistema operativo ed informativo per realizzare il sistema di rete tra differenti interlocutori (singole aziende, associazioni industriali e professionali, enti locali, università, ecc) basato anche su di una interfaccia web-GIS (sito web-della Piattaforma), 3. un riferimento centrale – il Gestore della Piattaforma – avente la funzione esperta di proporre soluzioni di simbiosi industriale, dato il contesto tecnico-economico di riferimento. Rimandando sempre al box 3.3 per maggiori dettagli, è interessante evidenziare la struttura della banca-dati georeferenziata che si compone di due parti principali: la banca-dati di base contenente informazioni relative al contesto territoriale di riferimento (strutture, infrastrutture, siti produttivi, impianti di trattamento ecc) e che viene, principalmente, alimentata dal Gestore, e la banca-dati specifica con i dati *input-output* delle singole aziende/enti che deve essere invece alimentata in via cooperativa dagli utenti stessi e che verrà mantenuta riservata. Si tratta infatti delle informazioni che costituiscono la base affinché si possano individuare scenari di simbiosi industriale, ossia che si possano far incontrare offerta di risorse (ad esempio un rifiuto conferito normalmente in discarica), con la domanda che si può invece esplicitare per tale risorsa (affinché diventi, ad esempio, materia prima per un altro processo industriale). L'incontro tra domanda ed offerta di risorse è subordinato ad una serie di verifiche tecniche ed

economiche, fase in cui il Gestore della Piattaforma gioca un ruolo centrale.

Tutte le attività condotte saranno accompagnate da un'analisi economica e, se del caso, normativa di fattibilità per una prima stima dei benefici derivanti dalle attività di recupero delle materie prime seconde da RAEE e dall'implementazione delle attività di simbiosi industriale nel campo dei RAEE e dei settori collegati.

Le attività di questo *Work Package*, suddiviso in tre *task*, prevedono il dimensionamento di tre impianti pilota e la realizzazione e messa in opera di uno dei tre impianti sul territorio siciliano, per il recupero di materie prime pregiate (metalli preziosi, "terre rare") dalle schede elettroniche e monitor e per la valorizzazione energetica delle plastiche miste.

Work Package 2 - Turismo sostenibile: un intervento pilota nell'Arcipelago delle Isole Egadi (Favignana, Marettimo, Levanzo)

Il settore del turismo in Italia rappresenta, in termini economici, circa il 9,5% del PIL nazionale, con una occupazione pari a circa 2,5 milioni di addetti. Mentre il rapporto PIL(turismo)/PIL(nazionale) è in lento diminuire nell'ultimo decennio, a livello mondiale la quota di turismo che interessa l'Italia è scesa da un 5,6% del 1990 al 4,1% del 2010, con una tendenza ad un'ulteriore decrescita fino ad una stima del 3,7% nel 2020.

Vengono quindi da più parti auspicati interventi strategici e strutturali per un serio rilancio del settore turistico in Italia.

Un maggior sviluppo del settore turistico comporta per contro l'acuirsi a livello locale di problematiche sociali, economiche, culturali, ma anche ambientali, energetiche, dei sistemi di trasporto e più in generale di una gestione del territorio e delle risorse naturali, fino ad avere un impatto negativo sui cambiamenti climatici: si stima ad esempio che il settore turistico contribuisca, a livello globale, per circa il 5% delle emissioni totali di gas ad effetto serra (GHG) a causa dell'utilizzo estensivo di mezzi di trasporto energy intensive (OECD³¹⁸).

Altre sfide includono l'eccessivo e non sostenibile uso della risorsa idrica nelle località turistiche durante le stagioni turistiche, confrontato con l'uso della popolazione residente, lo scarico di acque reflue non trattate o trattate insufficientemente, la produzione di rifiuti soprattutto di origine urbana, i danni al territorio e alla biodiversità terrestre e marina.

Di qui la necessità di promuovere un turismo "sostenibile".

L'ENEA, con il progetto "Ecoinnovazione Sicilia", intende affrontare alcune tematiche tra quelle citate, localizzando l'intervento sull'arcipelago delle Isole Egadi.

³¹⁸ OECD 2011 - Studies on tourism: Italy; Review of issues and policies.

Le tre isole di Favignana, Marettimo e Levanzo rappresentano per caratteristiche ambientali, socio-economiche e turistiche una “palestra” ideale per sviluppare un progetto di turismo sostenibile, esportabile in molte altre realtà mediterranee analoghe; occorre ricordare, inoltre, come le tre isole costituiscono nel loro insieme l’Area Marina Protetta delle Egadi, la più grande area protetta del Mediterraneo.

In estrema sintesi i numeri del turismo, soprattutto per l’Isola di Favignana, registrano nell’estate 2011 fino a 60.000 presenze giornaliere, con una forte componente giornaliera, a fronte di una popolazione residente di circa 4.300 persone, su una superficie di 37 km².

Le attività progettuali prevedono una serie di studi, analisi, sperimentazioni e interventi sulla gestione sostenibile della risorsa idrica, del ciclo dei rifiuti, delle risorse naturali (spiagge, coste, fondali ecc.); verrà inoltre condotta una attività mirante ad avviare un percorso di Certificazione ambientale EMAS, con la costituzione di un “Distretto - Ambito Produttivo Omogeneo” denominato “Sistema produttivo dell’Isola di Favignana”, oltre alla promozione di pratiche e strumenti di gestione ambientale (Bandiera blu di spiagge e approdi ecc.); tale iniziativa rappresenterà uno dei primi casi in Italia in tal senso.

Più in dettaglio sono in fase di realizzazione:

- un caso studio per applicazione di metodologie e tecnologie per il trattamento di acque reflue e riduzione dei consumi idrici in strutture pubbliche;
- sviluppo e implementazione di modelli di gestione sostenibile dei rifiuti, che prevede anche la messa in opera di un impianto di compostaggio per piccole comunità;
- attività di acquisizione dati, studio e programmazione di possibili interventi per limitare l’erosione di alcune spiagge, la stabilità di aree costiere particolarmente a rischio, le problematiche relative alle alghe spiaggiate e alle praterie di poseidonia nei fondali.

Costituiscono momenti essenziali del progetto la diffusione dei risultati e la sensibilizzazione degli operatori locali, per lo più turistici, e dei cittadini coinvolti alle tematiche del turismo ecosostenibile, mediante seminari e *workshop*.

Il progetto vede una stretta collaborazione e condivisione delle scelte tra ENEA, il Comune di Favignana e l’Area Marina Protetta delle Egadi, oltre, come citato, con le realtà imprenditoriali isolane.

Work Package 3 - Valutazione delle ricadute e della replicabilità dei risultati del progetto

L’analisi costi-benefici (ACB) dei progetti è elemento centrale in qualsiasi decisione di investimento. Notevoli differenze caratterizzano progetti di investimento nelle infrastrutture e quelli in servizi come anche progetti con

finalità espressamente aziendali da altri con finalità anche sociali.

Nonostante queste differenze, tutti i progetti hanno alcuni aspetti comuni e la loro valutazione viene espressa in un linguaggio standard, quello della valutazione dei costi e dei benefici, che permette di garantire una maggior trasparenza nei processi di decisione di sviluppo e finanziamento dei progetti stessi.

L'analisi economica è, infatti, riconosciuta quale strumento chiave per lo sviluppo sostenibile che è basato, nella sua declinazione "operativa", sulla sostenibilità ambientale, sociale ed economica dello sviluppo.

Tale analisi sarà anche integrata da scenari alternativi di sviluppo delle opzioni tecnologiche (intese in senso lato sia come "impianto tecnico produttivo" sia come "processo e strumenti di gestione") implementate nei progetti operativi.

Le attività di questo *Work Package* mirano a sviluppare un'analisi economica di fattibilità per una prima stima del beneficio derivante dalla implementazione dell'opzioni tecnologica e degli scenari alternativi di sviluppo delle attività oggetto dei progetti tecnici. Tale valutazione sarà basata sui dati delle azioni pilota che, a loro volta, serviranno quale base per le stime dei benefici e dei costi per l'intero sistema produttivo e turistico siciliano.

Più in dettaglio verranno svolte:

- analisi e valutazione dei benefici potenziali diretti e indiretti, inclusa la stima su base parametrica della replicabilità su base regionale/nazionale;
- analisi e valutazione dei costi, diretti e indiretti, e investimenti di implementazione del progetto e sua replicabilità su base regionale/nazionale;
- definizione dell'orizzonte temporale di analisi economica;
- sviluppo di una proposta di un set di indicatori per la gestione sostenibile degli interventi effettuati ("cruscotto di gestione sostenibile").

Collaborazioni previste

Il progetto è coordinato da UTTAMB e vede il coinvolgimento di sette Unità Tecniche ENEA e la collaborazione con la Regione Siciliana e gli Assessorati interessati, Confindustria Sicilia, il Comune di Favignana.

Ulteriori collaborazioni sono previste con altri soggetti pubblici e privati come la Provincia di Trapani, l'Università di Palermo, l'Università di Catania, l'Università di Roma-La Sapienza, Sicilia e-Servizi, il Consorzio Raecycle, aziende e operatori privati nei settori del turismo e dei rifiuti da apparecchiature ed elettroniche (RAEE) e della plastica.

Edito dall'ENEA
Servizio Comunicazione

Lungotevere Thaon di Revel, 76 – 00196 Roma
www.enea.it

Edizione del volume a cura di Antonino Dattola
Copertina: Cristina Lanari
Stampa: Varigrafica Alto Lazio – Nepi (VT)
Finito di stampare nel mese di aprile 2012