



Università degli Studi di Ferrara

FACOLTÀ DI ECONOMIA

Corso di Laurea in

ECONOMIA APPLICATA E POLITICHE ECONOMICHE

**EFFICIENZA AMBIENTALE,
INNOVAZIONE E PRODUTTIVITÀ**

**Analisi empiriche su matrici NAMEA
e microdati di imprese manifatturiere**

RELATORE:

Prof. Massimiliano Mazzanti

LAUREANDO:

Chiara Marinelli

CORRELATORE

Dott. Davide Antonioli

Anno Accademico 2005/2006

A Paola

RINGRAZIAMENTI

Sono numerose le persone che devo ringraziare e sono numerosi anche i motivi per cui devo farlo.

Il primo pensiero va sicuramente a Giacomo, che mi ha saputo sostenere, guidare ed aiutare in ogni singolo momento di difficoltà in questi lunghi anni di studio. Un ringraziamento particolare anche ai suoi genitori, Vanna e Flavio, che mi hanno sempre fatta sentire come a casa.

Altrettanta riconoscenza è diretta ovviamente nei confronti della mia famiglia, in ogni suo componente (nipoti incluse), per non avermi mai ostacolato, fornendomi la possibilità di crescere e di arricchirmi delle esperienze incontrate nel corso del cammino.

Ringrazio il Professor Massimiliano Mazzanti ed il Dottor Davide Antonioli, per avermi seguito con pazienza e riguardo nella stesura di questa tesi.

Infine un enorme ringraziamento agli amici tutti, che per lunghi mesi mi hanno sopportata ed appoggiata: anche la loro presenza ha contribuito al raggiungimento dei risultati conseguiti in modo felice e spensierato.

Un grazie di cuore veramente a tutti.

INDICE

INTRODUZIONE.....	1
CAPITOLO 1	
LA LETTERATURA EKC E LE SUE IMPLICAZIONI.....	5
1.1 Quali elementi influiscono sulla ECK.....	10
1.2 Alcuni studi alla base della letteratura EKC	13
1.3 La relazione tra crescita economica e qualità dell'ambiente.....	16
1.4 L'effetto del commercio internazionale sulla qualità ambientale	21
CAPITOLO 2	
L'INNOVAZIONE AMBIENTALE	30
2.1 Innovazione "tradizionale" ed innovazione "ambientale"	33
2.2 Efficienza e regolazione ambientale: i <i>drivers</i> esogeni dell'innovazione.....	41
2.2.1 Quali strumenti politici possono stimolare l'innovazione.....	41
2.2.2 L'ipotesi di Porter.....	44
2.2.3 Spese di abbattimento.....	52
2.2.4 Ciclo di innovazione e di <i>policy</i> a confronto.....	54
2.3 Gestione ambientale di impresa: i <i>drivers</i> endogeni dell'innovazione	57
2.4 Innovazione e produttività del lavoro.....	59
CAPITOLO 3	
LE EMISSIONI INQUINANTI.....	65
CAPITOLO 4	
ANALISI ECONOMETRICHE.....	78
4.2 Descrizione del dataset.....	78
4.3 Ipotesi testate nel modello ed approccio metodologico	79
4.4 Presenza di dinamiche alla Kuznets	82
4.4.1 I principali gas serra	82
4.4.2 Altri inquinanti	83
4.4.3 In conclusione	85
4.4.4 Analisi settoriale.....	85
4.6 <i>Trade off</i> tra efficienza ambientale, produttività del lavoro e capitale.....	88
4.6.1 I principali gas serra	89
4.6.2 Altri inquinanti	90
4.6.3 Analisi settoriale.....	90

CAPITOLO 5	
STUDIO EMPIRICO SU UN	93
CAMPIONE DI IMPRESE EMILIANE.....	93
5.1 Dati ed approccio metodologico	95
5.2 Risultati	98
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	101
APPENDICE.....	105
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	130

INTRODUZIONE

Il problema ambientale riveste ad oggi un'importanza sempre maggiore, soprattutto in termini di risorse economiche necessarie per la sua risoluzione. La questione assume diverse sfaccettature, come la scarsità delle risorse, la produzione di rifiuti e quindi il loro smaltimento, l'inquinamento ambientale che scaturisce in genere dalla maggior parte delle attività umane ed in particolare dalle attività produttive, dai trasporti, ecc.

Soprattutto gli ultimi decenni hanno visto quindi l'amplificarsi delle necessità di porre dei vincoli allo sfruttamento di risorse e alla riduzione dell'impatto dell'attività umana sull'ambiente. In tale ambito la comunità internazionale si è spesso occupata delle problematiche connesse a questi aspetti, ponendo sempre maggiore attenzione alle dinamiche atte a comprimere la quantità di emissioni inquinanti che impattano sull'ambiente. Sono infatti queste ultime ritenute responsabili dell'aumento dei cosiddetti gas serra che, attraverso l'omonimo effetto, hanno generato un negativo aumento del surriscaldamento terrestre. Il fenomeno dipende dal fatto che le attività umane hanno notevolmente aumentato la presenza di questi gas nell'atmosfera. Dalla rivoluzione industriale ad oggi si stima che l'anidride carbonica presente nell'aria sia aumentata del 30%, la concentrazione di gas metano sia più che raddoppiata e le emissioni di N₂O abbiano subito un aumento del 15%. Tutto questo non è dovuto alle semplici attività agricole o produttive, ma anche alla incessante deforestazione che contribuisce ad aumentare la concentrazione di anidride carbonica nell'aria. A capo di tutte le iniziative internazionali volte a limitare la portata del *global warming*, troviamo la convenzione dell'ONU denominata *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UN-FCCC), del 1992, che ebbe il grande valore di istituire la Conferenza delle Parti (COP). Questa assemblea è chiamata a riunirsi una volta all'anno al fine di monitorare l'applicazione degli accordi sul clima. La prima si tenne a Berlino nel 1995 e da qui molte altre ne seguirono, tra cui ricordiamo per importanza quella di Kyoto nel 1997, da cui emerge l'omonimo protocollo. L'obiettivo è quello di far convergere le politiche mondiali a favore del clima, nel tentativo di creare uno spirito collaborativo a livello internazionale; questo è considerato infatti

uno dei pochi modi attraverso i quali le problematiche ambientali possono cercare di trovare una risoluzione.

Non solo a livello mondiale, con il Protocollo di Kyoto, ma anche in ambito comunitario, grazie a quanto stabilito dagli obiettivi di Lisbona, l'orientamento è quello di raggiungere, attraverso diversi strumenti, un maggiore grado di sostenibilità ambientale.

Questi aspetti rappresentano il fulcro dei dibattiti che trovano materiale di discussione proprio in riferimento al rapporto tra ambiente e crescita economica. Sostanzialmente la discussione si concretizza attorno ad una problematica più generale e cioè se sia possibile conseguire la crescita economica senza un peggioramento della qualità ambientale.

Secondo alcune scuole di pensiero, inevitabilmente la crescita economica porta ad effetti degenerativi sulla qualità dell'ambiente, mentre altre visioni considerano come realizzabile la possibilità del verificarsi di uno sviluppo sostenibile.¹

Tra queste incontriamo la teoria cosiddetta “*Environmental Kuznets Curve*” (EKC), che prende spunto dalle rilevazioni dal premio Nobel Simon Kuznets nella metà degli anni cinquanta del secolo passato. In particolare Kuznets scopre una relazione tra indicatori di disuguaglianza nella distribuzione del reddito ed il livello del reddito pro capite, in particolare all'aumentare di quest'ultimo, la disuguaglianza nella distribuzione dei redditi prima aumenta e poi diminuisce, disegnando una funzione a forma di U rovesciata.

La letteratura EKC considera l'esistenza di una relazione tra indici di qualità ambientale e reddito pro capite, che può essere rappresentata graficamente con una forma a campana: nella fase iniziale dello sviluppo, al crescere della ricchezza, peggiora la qualità ambientale, visto che ad un reddito più elevato corrisponde un più elevato livello di emissioni inquinanti. Da un certo punto in poi, si nota invece un'inversione di tendenza ed ulteriori incrementi di reddito si ottengono con livelli di emissioni più bassi, conseguibili grazie ai cambiamenti strutturali che accompagnano

¹ Una prima definizione di sviluppo sostenibile ci viene data dalla Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (World Commission on Environment and Development, WCED). Si considera lo sviluppo sostenibile come “uno sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere la possibilità per le generazioni future di soddisfare i propri bisogni” (Turner et al., 2003).

le diverse fasi di sviluppo e ad una più sentita sensibilità ambientale da parte dei cittadini. La maggiore domanda di qualità ambientale incentiva infatti l'adozione di politiche più restrittive a cui i produttori risponderebbero introducendo tecnologie più avanzate.

L'innovazione tecnologica può infatti rappresentare il fattore cardine per il raggiungimento di migliori performance per le imprese non solo in termini ambientali, ma anche di produttività. Infatti nuove tecnologie permettono l'utilizzo più efficiente di energia e di input produttivi, apportando quindi una trasformazione positiva per l'intero ciclo produttivo da un lato, e migliorando l'output prodotto dall'altro.

L'innovazione può essere indotta da diversi elementi, quali fattori esterni, come ad esempio gli strumenti di politica, o interni all'impresa, associati a strategie endogene all'azienda.

Il presente lavoro cercherà proprio di orientarsi all'interno di questi temi: per valutare se sia possibile che l'innovazione rappresenti uno strumento chiave per migliorare le performance ambientali per le imprese e, di riflesso per l'intera economia. Risultati in questa direzione sarebbero estremamente significativi, poiché permetterebbero di aggiungere evidenze empiriche a quella parte di letteratura che considera il connubio crescita economica-inquinamento ambientale non necessariamente in un rapporto conflittuale. In particolare ci concentreremo nel tentativo di valutare se esiste una dinamica EKC per le principali emissioni, introducendo all'interno del modello una variabile esplicativa di *trade openness*. Lo scopo è quello di cogliere l'effetto che importazioni ed esportazioni possono avere sull'andamento della curva.

Inoltre un ulteriore studio a livello di impresa cercherà di individuare il ruolo che le innovazioni introdotte dalle aziende hanno sull'occupazione e sulla produttività del lavoro. La tesi che si vuole tentare di dimostrare è che l'introduzione di alcune innovazioni tecnologiche possano generare un aumento della produttività del fattore lavoro, favorendo in questo senso le imprese disposte ad innovare.

La trattazione seguirà la seguente struttura: il capitolo 1 cercherà di mettere in luce gli aspetti teorici e la letteratura che sta alla base della teoria *Environmental Kuznets Curve*. Il capitolo due invece si occuperà di valutare gli aspetti concernenti l'innovazione ambientale e la produttività all'interno di realtà imprenditoriali.

Il terzo capitolo cercherà di illustrare la dinamica dei nove inquinanti esaminati, basandosi in questo caso su dati forniti dal rapporto APAT (2003).

Verranno poi presentati due studi, il primo (capitolo 4) orientato ad un livello settoriale in cui si analizzano le dinamiche di nove emissioni inquinanti per 29 settori, basandosi su dati NAMEA; lo scopo è di valutare appunto l'esistenza di EKC e l'influenza che su di essa esercita la variabile di *trade openness*. Sempre partendo da questi dati si analizzerà l'eventuale presenza di un *trade off* tra efficienza ambientale da un lato, e produttività del lavoro e capitale pro capite dall'altro.

Nel capitolo 5 verrà invece presentato uno studio più dettagliatamente basato sulle dinamiche di un campione di imprese emiliane per analizzare il ruolo giocato dall'innovazione sulla produttività del lavoro. La tesi terminerà con le considerazioni conclusive che gli studi suddetti permetteranno di evidenziare.

CAPITOLO 1

LA LETTERATURA EKC E LE SUE IMPLICAZIONI

La teoria cosiddetta “*Environmental Kuznets Curve*” (EKC) si basa sulle rilevazioni dal premio Nobel Simon Kuznets sulla relazione tra indicatori di disuguaglianza nella distribuzione del reddito ed il livello del reddito pro capite². La letteratura EKC prende spunto da questa scoperta, ma considera l’esistenza di una relazione tra indici di qualità ambientale e reddito pro capite, che può essere rappresentata graficamente con una forma a campana: nella fase iniziale dello sviluppo, al crescere della ricchezza, si assiste ad un deterioramento della qualità ambientale, dato che ad un reddito più elevato corrisponde un più elevato livello di emissioni inquinanti. Da un certo punto in poi si nota invece un’inversione di tendenza e, per ulteriori incrementi di reddito, si ottengono livelli di emissioni più bassi; questo grazie ai cambiamenti strutturali che accompagnano le diverse fasi di sviluppo nonché una più sentita sensibilità ambientale da parte dei cittadini. La maggiore domanda di qualità ambientale incentiva infatti una produzione di beni più pulita.

Uno dei primi studi in riguardo alla letteratura EKC fu il *World Development Report* (1992), da cui è apparso che alcuni indicatori di degrado ambientale (ad esempio le emissioni di biossido di carbonio e i rifiuti solidi urbani) aumentano con il reddito, altri diminuiscono all’aumentare del reddito (come l’inquinamento dell’acqua) ed infine alcuni (biossido di zolfo e protossido di azoto) mostrano la classica forma ad U rovesciata, la cosiddetta EKC, mostrata nella figura 1.1.

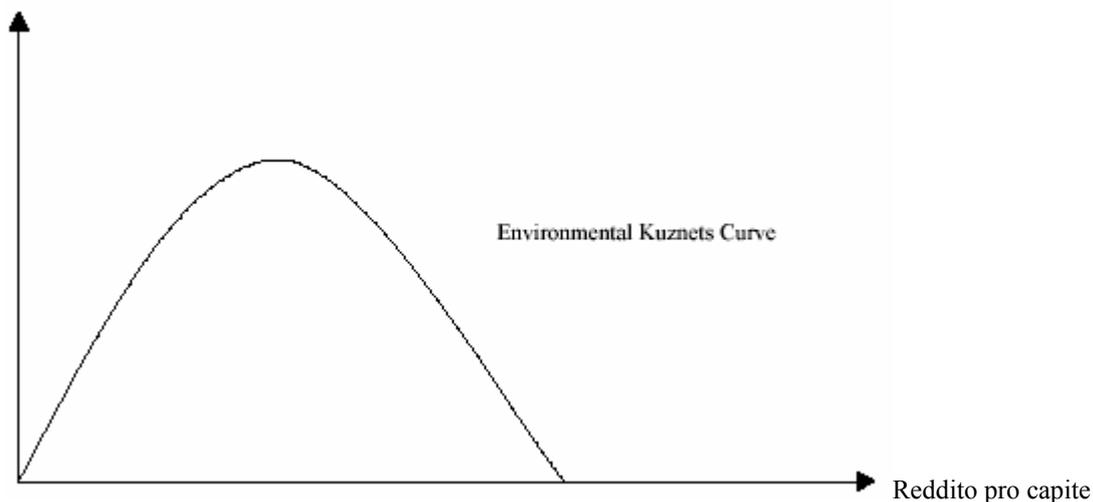
Di fatto la relazione tra reddito ed impatto ambientale può assumere anche andamenti diversi. Nel dettaglio possiamo distinguere due tipi di relazioni: monotone e non monotone. Secondo le prime l’inquinamento risulta essere una funzione crescente, come ad esempio accade per i rifiuti solidi urbani, o decrescente del reddito, come l’accesso a servizi di fornitura d’acqua. Invece tra le forme non monotone sembrano

² All’aumentare del reddito pro capite, la disuguaglianza nella distribuzione dei redditi prima aumenta e poi diminuisce, disegnando una funzione a forma di U rovesciata.

appunto prevalere quelle del tipo ad U rovesciata in cui, come precedentemente affermato, il danno ambientale inizialmente cresce al crescere del reddito e quindi comincia a decrescere quando il reddito pro capite raggiunge un livello di *de-linking* (miglioramento della qualità ambientale al crescere del reddito). Un'altra tipologia è rappresentata dalla relazione cosiddetta ad N, in cui il fenomeno del *de-linking* è solo temporaneo. A volte tuttavia possono comparire anche tipi più complessi di relazione, anche se l'evidenza empirica mostra una maggiore tendenza verso l'EKC, nonostante risulti sensibile sia al tipo di fenomeno ambientale che ai dati impiegati per la stima.

Figura 1.1: Environmental Kuznets Curve

Degrado Ambientale



Fonte: nostra elaborazione.

In particolar modo possiamo notare come si assista alla mancanza di un singolo indicatore ambientale, unico per tutti gli studi. Di conseguenza spesso l'analisi risulta essere condizionata dal tipo di indicatore prescelto ed anche il *turning point* dipende da ciò.

A questo proposito è possibile distinguere tre grandi categorie di indicatori ambientali, riguardanti rispettivamente la **qualità dell'aria**, dell'acqua e dell'ambiente.

In riguardo ai primi, in letteratura viene effettuata una distinzione tra inquinanti locali e globali e solitamente sono proprio gli indicatori locali (monossido di carbonio, biossido di zolfo, particelle sospese e protossido di azoto) a mostrare una relazione del tipo EKC con il reddito, anche se il *turning point* varia di molto a seconda

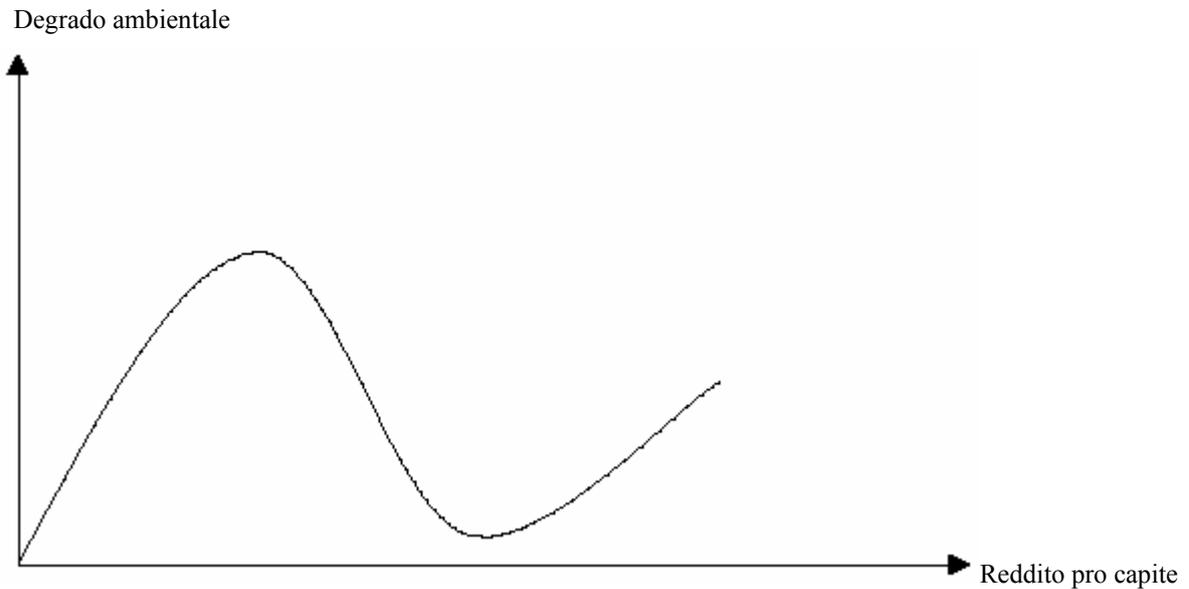
dell'indicatore che viene considerato. In particolare risulta maggiore il punto di *delinking* per il monossido di carbonio e per il protossido di azoto mentre il biossido di zolfo e le particelle sospese presentano un TP più basso. Inoltre possono palesarsi forti differenze a seconda degli studi: Selden and Song (1994) hanno stimato un TP per le particelle sospese ben tre volte maggiore rispetto a quello incontrato da Shafik (1994) e lo stesso accade per il biossido di zolfo (Borghesi, 1999).

Per quanto riguarda invece gli inquinanti globali, come il biossido di carbonio (CO₂), essi aumentano all'aumentare del reddito in una relazione monotona, oppure iniziano a diminuire ad un livello di reddito ben oltre il *range* considerato. Per di più Cole et al. (1997) hanno osservato che anche negli studi in cui un picco, sebbene molto elevato, viene osservato per la curva CO₂, il *turning point* presenta comunque un errore standard molto elevato. Tutto ciò porta a pensare che la teoria EKC non sia applicabile nel caso in cui le emissioni considerate siano quelle di CO₂.

Gli indicatori della **qualità dell'acqua** presentano anche maggiori problematiche rispetto a quelle evidenziate per gli indicatori dell'aria. Diversi autori (Grossman e Krueger 1994, Shafik 1994, Grossman 1995) ritrovano per alcuni indicatori una curva ad N: all'aumentare del reddito gli indicatori aumentano, arrivati poi ad un determinato livello diminuiscono, ma successivamente tornano ad aumentare (Figura 1.2)

Questo andamento, secondo alcuni autori, implica che ad un livello elevato di reddito l'effetto scala delle attività economiche diventa talmente elevato che il suo impatto negativo sull'ambiente non viene controbilanciato dalla spinta positiva esercitata dall'effetto di composizione e da quello tecnologico (Borghesi, 1999).

Per quanto invece concerne gli indicatori della **qualità ambientale**, molti degli studi effettuati non mostrano una dinamica EKC. Sia gli studi recenti che quelli più datati sembrano dimostrare che i problemi ambientali, che hanno un impatto diretto sulla popolazione (come l'igiene urbana o l'acqua incontaminata), aumentino costantemente con l'aumento del reddito. Al contrario, quando questi possono essere esternalizzati, come nel caso dei rifiuti, l'EKC diminuisce ad elevati livelli di reddito.

Figura 1.2: EKC con forma ad N

Fonte: nostra elaborazione.

Secondo Cole (2003), la classica equazione della curva EKC può essere scritta nel seguente modo:

$$E_{it} = (\alpha + \beta_i F_i) + \delta Y_{it} + \phi(Y_{it})^2 + \varepsilon_{it}$$

In cui E rappresenta l'indicatore ambientale, Y il reddito pro capite ed F gli effetti specifici del paese. Rispettivamente i e t fanno riferimento al paese e all'anno. Se in questa equazione $\delta > 1$ e $\phi < 1$ la curva EKC presenta un TP che può essere calcolato come:

$$Y^* = (-\delta/2\phi)$$

Sulla base dell'indicazione del TP si può valutare la differenza di risultato tra i maggiori studi (si veda tabella 1.1).

**Tabella 1.1: *Turning Points* stimati per alcuni tra i maggiori studi EKC
(espresso in dollari americani al 1985)**

Indicatore Ambientale		Shafik (1994)	Selden e Song (1994)	Grossman e Krueger (1995)	Cole et al. (1997)
Aria	Ossidi di Azoto		12.041\$		14.700\$
	Biossido di Zolfo	3.670\$	8.916\$	4.053\$	6.900\$
	Monossido di Carbonio		6.241\$		9.900\$
	SPM (suspended particulate matter)	3.280\$	9.811\$	6.151\$	7.300\$
	Biossido di Carbonio	↑			62.700\$
Acqua	Nitrati			10.524\$	25.000\$
	Sostanze contenute nelle acque di scarico			7.955\$	
	Piombo			1.887\$	
	Mercurio			5.047\$	
	Arsenico			4.900\$	
Generali	Rifiuti municipali	↑			↑

Fonte: Cole (2003), p. 4.

Il simbolo ↑ sta ad indicare che il valore cresce monotonicamente con il livello del reddito pro capite. I valori differiscono, ma questo accade anche a causa delle diversità nelle specificazioni dei modelli. Shafik (1994) utilizza una formulazione logaritmica elevata al quadrato, Selden e Song (1994) studiano una forma funzionale quadrata ad effetti fissi ed i dati sono considerati in forma di emissioni pro capite. Invece Grossman e Krueger (1995) stimano i risultati di una forma funzionale al quadrato ed individuano negli SPM sia i dati relativi ai fumi che alle particelle pesanti sospese. Il dato sopra riportato riguarda solo i fumi, dato che per le particelle sospese gli autori

hanno rilevato una relazione monotona decrescente rispetto al reddito pro capite. Questo a conferma del fatto che diverse relazioni possono verificarsi a seconda dei dati considerati, ma anche delle forme funzionali assunte.

Alcuni studi mostrano anche come non sia esatto fare riferimento ad un'unica dinamica EKC, bensì a diverse dinamiche EKC, a seconda del periodo di osservazione, dell'area o del paese, delle emissioni considerate e dei settori presi in esame. Mazzanti, Montini e Zoboli (2006) effettuano uno studio utilizzando dati NAMEA su nove emissioni inquinanti per 29 branche economiche, per riscontrare l'esistenza di dinamiche EKC nella relazione tra emissioni pro capite e valore aggiunto pro capite. Viene effettuata la stima di diverse specificazioni³ utilizzando un modello panel e scegliendo secondo il test Hausman se considerare effetti fissi o casuali. L'evidenza di una EKC è ritrovata per le emissioni di CO₂, CH₄, NH₃, mentre per le emissioni di N₂O si ha un effetto positivo lineare, la specificazione al quadrato presenta una EKC, ma con TP decisamente al di fuori del *range*. Per le emissioni di SO_x e NO_x sembra osservarsi una forma ad N. L'analisi aggregata invece sembra mostrare un'influenza settoriale, con i servizi più efficienti in termini di performance ambientali, ma non tanto quanto ci si aspetterebbe. Si manifestano quindi nell'analisi aggregata alcune eterogeneità settoriali in riguardo alle *driving force* delle dinamiche EKC. I servizi tendono in molti casi a presentare una forma ad N, al contrario della manifattura in cui si presentano alcune criticità, si alternano casi di forme ad U rovesciata e ad N. Lo stesso accade per l'industria. Sembra quindi che lo studio presenti evidenze non di un'unica dinamica EKC, bensì di diverse a seconda del luogo, e del periodo di osservazione, nonché dei settori presi in esame.

1.1 Quali elementi influiscono sulla ECK

Le analisi delle performance ambientali, spesso utilizzano indicatori di *decoupling* per valutare l'uso delle risorse ambientali. L'andamento del *delinking* è sotto osservazione da diverso tempo e, soprattutto le ricerche degli ultimi anni, hanno proposto un legame

³ Regressione lineare (caso base di *delinking*), lineare e quadrata (EKC), lineare, quadratica e cubica (forma ad N).

tra inquinamento e crescita economica. La letteratura EKC sembra quindi una naturale estensione delle analisi di *delinking*. Relazioni tra *delinking* ed EKC derivano dal modello IPAT, così chiamato per la formula che presenta:

$$I = P * A * T$$

Dove I rappresenta la produzione di rifiuti, P la popolazione, A la ricchezza espressa in GDP pro capite e T la tecnologia del sistema. Questa formulazione può essere scomposta per valutare il ruolo che giocano le singole componenti. Mentre il peso di A e P risulta abbastanza esplicito, T può essere considerato il modo più aggregato per rappresentare lo stato della tecnologia di un'economia. È un indicatore di intensità, poiché ci fornisce una misura di quante unità di impatto ambientale vengono richieste dal sistema economico per produrre un'unità di GDP. In termini di impatto ambientale, variazioni di T per un dato GDP, riflettono la diversa combinazione di tecnologie tra i vari settori che richiedono intensità di risorse differenti. La sola analisi di T però può portare a risultati fuorvianti, poiché, ad esempio, una diminuzione di T suggerisce una maggiore efficienza dell'economia, ma non fornisce indicazioni sulle ragioni che hanno generato il *delinking*. Inoltre il modello IPAT assume che le variabili siano indipendenti, quando in realtà le evidenze mostrano che le quattro variabili possano essere correlate tra loro. Si dovrebbe cercare invece di catturare le influenze che I e GDP esercitano sull'andamento di T . L'analisi EKC è indirizzata proprio a valutare questo aspetto (le relazioni tra T ed I o GDP, oppure tra T e GDP pro capite). La letteratura EKC quindi espande i ragionamenti di base del *decoupling*, analizzando le relazioni tra reddito e ambiente.

Gli elementi principali che influiscono sulla forma della curva, individuati dalla letteratura, sono sostanzialmente tre e cioè:

1. Effetto scala;
2. Effetto di composizione della struttura produttiva ;
3. Effetto della tecnologia.

L'**effetto scala** genera uno sfruttamento dell'ambiente da parte delle attività economiche in crescita, da cui deriva una pressione sul degrado ambientale che va via

via incrementando all'aumentare della crescita, ma solo sino ad un certo punto, poiché l'effetto scala risulta essere dominante nelle prime fasi del sentiero di crescita, ma poi entrano in gioco gli altri fattori. Anche secondo quanto affermato da Panayotou “*at higher levels of development, structural change towards information-intensive industries and services, coupled with increased environmental awareness, enforcement of environmental regulations, better technology and higher environmental expenditures, result in levelling off and gradual decline of environmental degradation*” (Panayotou, 1993, pag. 1, citato da Stern, 2004).

Ulteriore fattore da considerare è dato dal fatto che industrie diverse hanno ovviamente diversi gradi di inquinamento. Nelle prime fasi di sviluppo, la **struttura produttiva** passa dal settore agricolo a quello industriale, maggiormente inquinante. Si riconosce quindi una relazione positiva in questi primi stadi del sentiero di crescita. Quando però si passa dalla produzione industriale a quella dei servizi, che esercita una minore pressione a livello ambientale, si determina una inversione di tendenza, per cui all'aumentare del reddito il degrado ambientale diminuisce, poiché le emissioni per unità di prodotto diminuiscono.

A questi due elementi c'è poi da aggiungere l'**effetto della tecnologia**, fortemente correlato al precedente effetto di composizione e che influenza la forma ad U rovesciata assunta dalla EKC. Infatti nelle prime fasi di sviluppo le tecnologie risultano essere fortemente inquinanti, mentre, spostandosi dalla fase industriale a quella postindustriale, si sviluppano tecnologie che esercitano un minor impatto sull'ambiente, sia grazie ad una migliore produttività (si produce utilizzando meno unità di input a parità di output), che in termini di emissioni vere e proprie (una tecnologia più avanzata permette di abbattere le emissioni per unità di output). Il settore stesso dei servizi sembra avere infatti un impatto minore rispetto a quello industriale.

Spesso viene poi aggiunto un ulteriore aspetto che permette di dare una spiegazione della EKC e cioè l'**elasticità della domanda ambientale**. All'aumentare del reddito i cittadini richiedono standard di vita più elevati e prestano perciò anche molta più attenzione all'ambiente nel quale vivono. Tutto questo genera un aumento della domanda ambientale che a sua volta innesta cambiamenti strutturali nel sistema

economico che, in risposta a queste nuove esigenze, tende ad introdurre sistemi in grado di ridurre il degrado ambientale. Suddetti cambiamenti strutturali derivano da un lato da una continua ricerca di tecnologie produttive più pulite e dall'altro dall'introduzione da parte del governo di una regolamentazione che permetta la riduzione dell'inquinamento ambientale.

La letteratura poi suggerisce l'esistenza di un meccanismo di mercato secondo il quale il **commercio** di risorse può aiutare a prevenire il degrado ambientale. Infatti il primo stadio della crescita economica è segnato da un intenso sfruttamento delle risorse naturali, proprio perché è il settore agricolo ad avere il peso relativo maggiore in questo momento di sviluppo. Ciò ovviamente porta ad una diminuzione dello stock di risorse naturali, per cui il loro prezzo aumenta e negli stadi successivi di crescita il loro sfruttamento tenderà a diminuire; si genera così una diminuzione del livello di inquinamento correlato proprio allo sfruttamento di risorse naturali. Per di più l'aumento del prezzo delle materie prime porta progressivamente alla ricerca di tecnologie che permettano di diminuire i costi ed esse correlati, quindi meno *resource-intensive* e di conseguenza meno inquinanti.

1.2 Alcuni studi alla base della letteratura EKC

Ricerche su questo filone della letteratura che possiamo considerare pionieristiche sono quelle svolte da Grossman e Kruger (1993). Questo studio rappresenta uno dei primi sulla curva di Kuznet ambientale, secondo cui tra il livello di reddito pro capite e gli indicatori di degrado ambientale esiste la suddetta relazione a forma di U rovesciata. Successivamente Selden e Song (1995) trovano la stessa relazione usando dati sulle emissioni di biossido di zolfo e molti altri studi successivamente seguono il sentiero tracciato da questi autori, ma secondo le visioni più critiche i risultati dipendono dalle assunzioni fatte nei modelli. Ad esempio negli studi di Lopez (1994) e il sopraccitato studio di Selden e Song (1995) si assume che esistano un numero infinito di agenti, che i cambiamenti tecnologici siano esogeni e che l'inquinamento sia prodotto dalla produzione e non dal consumo. Altri, come Pecchenino (1994), John, Pecchenino, Shimmelpfenning e Schreft (1995) e McConnel (1997), assumono

come condizioni dei propri modelli una sovrapposizione generazionale e che l'inquinamento venga generato dal consumo piuttosto che dalle attività produttive.

Secondo le visioni più critiche quindi, si ha la possibilità di costruire modelli ad hoc, effettuando le giuste assunzioni, in modo da generare una EKC. Evidenze empiriche dell'esistenza di una EKC sono lontane dal risultare chiaramente, fatta eccezione per alcuni studi sulla qualità dell'aria ed anche per questi non risulta molto manifestamente il livello di reddito nel quale il degrado ambientale inizia il suo declino. Addirittura poi alcuni recenti contributi hanno messo in discussione l'esistenza della EKC anche per quegli indicatori per i quali sembrava esistere, poiché, a causa dell'insufficienza di serie storiche abbastanza estese, molti studi utilizzano un approccio *cross-country*, che però viene considerato ingannevole da molti critici, dato che il degrado ambientale risulta essere in aumento nei paesi in via di sviluppo ed in decremento nei paesi già industrializzati. Per questa ragione la curva EKC potrebbe essere una sorta di aggiustamento tra due trend opposti. In particolare Vincent (1997) afferma che l'analisi *cross-section* “*may simply reflect the juxtaposition of a positive relationship between pollution and income in developing countries with a fundamentally different, negative one in developed countries, not a single relationship that applies to both categories of countries*” (Vincent 1997, p. 417, citato da Borghesi, 1999). Per questo l'autore considera l'analisi *cross-country* come un artefatto statistico che deve essere abbandonato. A conferma di tali critiche, la maggior parte degli studi su singoli paesi non hanno evidenziato una chiara evidenza della EKC (Stern, 2004).

Da un approccio di analisi del tipo *cross-country* emerge che solo per alcuni indicatori (quelli della qualità dell'aria) viene seguita una EKC e tale andamento è più frequente per quegli inquinanti che non possono essere esternalizzati, come il caso dei rifiuti urbani. Inoltre anche nei casi in cui una curva viene empiricamente osservata, non sempre il livello di reddito a cui avviene l'inversione di tendenza dell'EKC risulta lo stesso.

La rilevazione di una curva EKC può prospettare l'identificazione di strumenti di politica importanti per il controllo delle emissioni; strumenti che potrebbero essere utilizzati ad esempio nel controllo dell'inquinamento dei paesi in via di sviluppo che, seguendo questa teoria, sembrano ritrovarsi nella parte crescente della curva. Tuttavia

anche questo aspetto non sembra trovare riscontro, poiché è negli studi di tipo *cross-country* che viene implicitamente assunto che tutti i paesi possano seguire uno stesso sentiero di sviluppo, ma come già evidenziato precedentemente tale assunzione non sembra ritrovare giustificazione nei casi empirici.

Addirittura, secondo Stern (2004), solo i modelli ad effetto fisso possono essere consistenti, mentre quelli ad effetto casuale non lo sono. Assumendo infatti la regressione

$$\ln(E/P)_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 \ln(GDP/P)_{it} + \beta_2 [\ln(GDP/P)_{it}]^2 + \varepsilon_{it}$$

dove E rappresenta le emissioni, P è la popolazione. I primi due termini sono le intercette che variano a seconda del paese o della regione considerati (*i*) e dell'anno di riferimento (*t*). Secondo i modelli ad effetto fisso α_i e γ_t rappresentano i parametri della regressione, mentre i modelli ad effetto variabile trattano α_i e γ_t come componenti casuali (*component of the random disturbance*). Quindi se γ_t ed α_i sono correlati alle variabili esplicative, la stima dei modelli ad effetto casuale non può essere considerata consistente. L'inconsistenza di questo modello può anche venire testata attraverso il test di Hausman, che mette in evidenza una correlazione tra le variabili esplicative e l'errore. Quindi, assumendo che non ci siano altri problemi di carattere statistico, il modello ad effetti fissi può essere considerato consistente, ma i parametri sono condizionati dall'area geografica o dal paese di riferimento, nonché dai periodi di tempo considerati. Per questa ragione il modello non può essere utilizzato per stimare altri esempi di dati, quindi una EKC stimata utilizzando un modello ad effetti fissi usando dati riguardanti i paesi industrializzati, non ci può dire molto in riguardo ad esempio al comportamento futuro dei PVS.

Quindi sembrerebbe non realistico guardare la EKC come una previsione di andamenti futuri che i paesi in via di sviluppo tendono a ricalcare sulle orme di paesi già industrializzati.

1.3 La relazione tra crescita economica e qualità dell'ambiente

Nella relazione tra crescita e performance ambientali sono numerosi gli elementi da analizzare tra cui i possibili effetti generati dall'aumento del reddito in conseguenza alla crescita economica.

Copeland e Taylor (2003) introducono un semplice modello per spiegare l'effetto che il reddito produce sulla qualità dell'ambiente. Secondo gli autori, l'accumulazione di capitale fisico e umano produce diversi sentieri *income-pollution*.

Ipotizzano che in uno stato si producano solo due beni x ed y , utilizzando solo due fattori produttivi K ed L . Il bene inquinante x si suppone *capital intensive*, al contrario y è considerato *labour intensive*. Per semplicità si considera che N (il numero dei consumatori) sia pari ad uno e che si sia in assenza di regolazione da parte del governo (quindi τ , che rappresenta il costo imposto alle imprese per l'inquinamento prodotto, è zero). Quindi si avrà:

$$z = x(p, \tau, K, L)$$

$$I = (p, K, L, z)$$

Dove z è l'inquinamento, p il prezzo del bene prodotto, I il livello di reddito che è funzione del reddito nazionale, poiché per semplicità si è assunto che $N=1$.

Viene ipotizzato poi che la crescita avvenga solo per accumulazione di capitale, quindi L viene mantenuto costante. Da alcune trasformazioni delle suddette funzioni si ottiene che:

$$\hat{z} = \mathcal{E}_{xk} \hat{K}$$

$$\hat{I} = \mathcal{D}_r \hat{K}$$

Le suddette equazioni mostrano come un aumento del capitale incrementi sia il reddito che l'inquinamento. Combinandole possiamo ottenere:

$$\hat{z} = \frac{\mathcal{E}_{xk}}{\mathcal{D}_r} \hat{I}$$

(+)

In cui $\varepsilon_{xk}^{>0}$ rappresenta l'elasticità dell'output x rispetto alla dotazione di K , mentre $\delta_r^{>0}$ è la quota di K sul reddito nazionale. In assenza di politica c'è una relazione positiva monotona tra z ed I . Quindi se la crescita avviene attraverso l'accumulazione di capitale, si assisterà sia ad un aumento del reddito che dell'inquinamento prodotto dall'industria. In caso contrario invece, cioè se la crescita viene stimolata attraverso l'accumulo di capitale umano, si avrà il caso in cui:

$$\hat{z} = \frac{\varepsilon_{xl}}{\delta_w} \hat{I}$$

Dove ancora si ha $\varepsilon_{xl}^{>0}$ che rappresenta l'elasticità di x rispetto alla dotazione di L , mentre $\delta_w^{>0}$ è la quota di capitale umano sul reddito nazionale. Perciò quando la crescita viene spronata dalla maggiore accumulazione in capitale umano (ricordando che l'industria pulita è *labour intensive*) si assiste ad una relazione monotona negativa tra inquinamento e reddito.

Si è quindi dimostrato come non sia possibile generalizzare sulla considerazione che la crescita determini effetti positivi sulla qualità dell'ambiente. Diversi tipi di crescita generano risultati diversi.

Secondo Copeland e Taylor (2003) si possono individuare quattro principali spiegazioni che, esaminando la relazione tra crescita ed inquinamento, possono fornire una motivazione della forma ad U rovesciata della EKC.

Innanzitutto è opportuno considerare la **fonte di crescita**. Supponendo infatti che non si abbia alcun tipo di politica ambientale, o che questa non sia abbastanza reattiva rispetto ai cambiamenti economici, la crescita si determina nelle prime fasi dello sviluppo attraverso accumulazione di capitale, che quindi genera un aumento dell'inquinamento. Successivamente invece l'economia si sposta verso una maggiore accumulazione di capitale umano, quindi l'inquinamento diminuisce. Da qui si evince come l'effetto di composizione, già precedentemente introdotto, gioca un ruolo

⁴ Deriva la teorema di Rybczinski del commercio internazionale, secondo cui l'accumulazione di capitale umano stimola l'industria del bene più pulito (nel nostro caso Y), che distoglie risorse dalla produzione del bene inquinante (X) e di conseguenza l'inquinamento (z) diminuisce.

cruciale, poiché cambiamenti nelle fonti di crescita si riflettono sul sentiero che l'economia intraprende nel contenimento delle emissioni inquinanti.

Per ciò che riguarda l'**effetto reddito** invece occorre considerare che l'ipotesi in cui l'inquinamento di un paese sia determinato dalla seguente funzione:

$$\lambda G_z(p, K, L, z) = MD[p, \lambda G(p, K, L, z) / \beta(p), z]$$

dove λ è il parametro che rappresenta la tecnologia, quindi la parte a sinistra dell'equazione sarà la funzione di reddito e quella a destra sarà la funzione del danno marginale. Differenziando per λ , otterremo:

$$\frac{dz}{d\lambda} = \frac{1 - \mathcal{E}_{MD,R}}{\Delta}$$

in cui il termine al numeratore rappresenta l'elasticità del reddito al danno marginale, mentre $\Delta > 0$. Di conseguenza il progresso tecnologico produce effetti sia sulla domanda (perché il prodotto marginale della domanda aumenta) che sull'offerta (perché il reddito reale si incrementa) di inquinamento. Quindi a un incremento di reddito può rispondere un aumento o una diminuzione del livello di inquinamento a seconda del valore assunto dall'elasticità del reddito: se l'elasticità è minore di 1 lo spostamento dell'offerta più che compensa quello della domanda, quindi si assisterà ad un aumento di inquinamento; viceversa nel caso di elasticità minore di 1.

Poiché la curva EKC prima presenta un andamento crescente per poi decrescere, allora si dovrà introdurre una funzione di utilità indiretta:

$$V(p, I, z) = C_1 - C_2 \exp(-R/\xi) - h(z)$$

In cui R rappresenta il reddito reale e $\xi > 0$. Quindi l'inquinamento aumenta se $R < \xi$, viceversa diminuisce nel caso contrario. Poiché si assume che la qualità ambientale sia un bene normale, per bassi livelli di reddito, l'inquinamento aumenta con la crescita, dato che viene preferito l'aumento di consumi di altri beni. Al contrario quando il livello di reddito è elevato, aumenta la predisposizione a pagare per avere un

miglioramento ambientale, sacrificando gli altri consumi che non risultano più così necessari; quindi il livello di inquinamento diminuisce.

Questa spiegazione suggerisce anche che la relazione tra inquinamento e reddito può variare a seconda del danno ambientale che viene percepito. Ci si aspetta quindi un basso valore di ξ quando il danno ambientale viene percepito come fortemente lesivo (es. inquinamento dell'acqua)⁵, mentre ξ sarà elevato per quel tipo di inquinamento i cui danni non si percepiscono come certi o vicini.⁶

Passiamo poi ad analizzare il cosiddetto **effetto soglia**, secondo il quale a livelli bassi di attività economica la regolamentazione non viene messa in atto o non si presenta abbastanza forte, quindi, in questa prima fase, l'inquinamento aumenta con l'attività produttiva. Ad un certo punto però, si arriva a toccare alcune "soglie", al di sopra delle quali la politica comincia ad operare in modo efficiente, tanto da far diminuire il livello di inquinamento.

La spiegazione che può essere data in questo caso prevede l'assunzione di un costo fisso associato all'attività di regolazione, che indichiamo con C_R . Quando il reddito nazionale è inferiore a C_R , non si introduce alcun tipo di regolazione, proprio perché il livello del reddito non permette di affrontare il costo fisso che questa comporta. Quando invece C_R diventa minore del reddito nazionale, allora la regolazione viene introdotta e produce l'effetto di diminuzione dell'inquinamento.

Infine si possono analizzare gli **aumenti dei guadagni dall'abbattimento**, generati dal fatto che mano a mano che la scala di abbattimento aumenta, si incrementa anche la sua efficienza. Quest'ultima rende più conveniente l'abbattimento e ciò può avvenire anche in assenza di politica o nel caso in cui essa sia inefficiente. Questo effetto di scala sposta la scelta delle imprese verso tecnologie meno inquinanti ed è proprio questo elemento a generare a sua volta l'effetto tecnologico.

Diversi studi hanno poi evidenziato come la dinamica EKC sia sensibile al campione di dati usato. Harbaugh et al. (2002) hanno analizzato le stime riguardanti la EKC per le emissioni di CO₂ per stimare se siano robuste o meno. Il risultato mostra che la forma della curva è sensibile ai cambiamenti dei periodi scelti, nonché al set di paesi

⁵ In questo caso la curva EKC può presentare più propriamente una forma monotona discendente, così come evidenziato da Shafik (1994) e Grossman e Kruger (2000).

⁶ Come ad esempio accade per le emissioni riguardanti l'inquinamento dell'aria.

considerati. Questo suggerisce che diversi tipi di crescita a seconda dei paesi di riferimento conducano a diverse relazioni tra reddito ed inquinamento, come precedentemente considerato. Stern e Common (2001) utilizzano dati riguardanti le emissioni di zolfo in 73 paesi nell'arco di 31 anni e mettono a confronto i due sottoinsiemi creati a seconda che i paesi siano presenti nell'OECD o meno. Le conclusioni portano ad affermare che non esiste una EKC comune tra i paesi.

Per quanto invece concerne gli studi che cercano di mostrare l'esistenza dei vari effetti alla base dell'esistenza dell'EKC, Hilton e Levinson (1998) si sono occupati di esaminare le emissioni di piombo ed il reddito pro capite utilizzando un modello panel formato da osservazioni di 48 paesi per un arco temporale di vent'anni (1972-1992). Lo studio mostra una forte relazione di tipo EKC tra le emissioni e il reddito, ma l'elemento fondamentale è che gli autori cercano di scomporre l'effetto tecnologico ed effetto di scala. Il primo sembra generare una relazione negativa tra il piombo contenuto in un gallone di benzina ed il reddito pro capite. L'effetto scala invece evidenzia come venga utilizzata una maggiore quantità di benzina quando il reddito aumenta. Lo studio è molto importante perché è il primo ad evidenziare la distinzione dei due effetti della EKC.

Ancora Gale e Mendez (1998) cercano di sottolineare l'importanza dell'effetto di composizione come elemento imputato del cambiamento di andamento della EKC. Partono dallo studio di Grossman e Kruger (1993) e riesaminano i dati riguardo alle emissioni di biossido di zolfo di un solo anno. Si concentrano sui dati riguardanti la dotazione dei fattori su un modello *cross-section* di paesi. Evidenziano un forte legame tra la dotazione del fattore capitale e l'inquinamento; questo rileva il ruolo fondamentale giocato dal fattore di composizione nella dinamica EKC.

Selden, Forest e Lockhart (1999) analizzano le emissioni di 6 inquinanti ambientali in USA nel periodo 1970-1990, cercando di scomporre i cambiamenti osservati a livello di inquinamento in cambiamenti dell'effetto di scala e di composizione dell'attività economica e cambiamenti delle emissioni per unità di output. Ritrovano che l'effetto tecnologico risulta importante per spiegare la caduta nel valore di emissioni e, nonostante l'effetto di composizione sia presente, non gioca un ruolo chiave nell'abbattimento.

Hettige, Mani e Wheeler (2000), osservano dati riguardanti l'inquinamento industriale dell'acqua in 12 paesi, per cercare di isolare gli effetti di scala e tecnologico e quindi spiegare come variano a seconda del reddito. Trovano che l'effetto di composizione riveste minore importanza rispetto a quello di scala, mentre evidenziano la grande importanza dell'effetto tecnologico: l'inquinamento dell'acqua tende inizialmente ad aumentare con il reddito, ma poi decresce quando vengono introdotte tecnologie meno inquinanti. L'effetto tecnologico arriva quindi a controbilanciare l'effetto scala prodotto dalla crescita.

1.4 L'effetto del commercio internazionale sulla qualità ambientale

Possiamo a questo punto domandarci quali sono, se esistono, le conseguenze del commercio internazionale sull'ambiente. Senza il commercio risulta difficile spiegare l'aumento di ricchezza dei paesi. La liberalizzazione può fornire un'alternativa ai meccanismi di abbattimento dell'inquinamento ambientale, offrendo la possibilità di importare le merci inquinanti da altri paesi, soprattutto quando strumenti di *policy* (ad es. una tassa) renderebbero troppo costosi produrli in patria. Il commercio quindi rende la domanda di inquinamento più elastica e ciò permette anche una maggiore reattività rispetto alle politiche ambientali che possono essere introdotte.

Innanzitutto è bene ricordare che il commercio internazionale cambia i prezzi relativi delle merci, poiché apre l'economia alla competizione internazionale. Inoltre si vedono aumentate anche la mobilità dei fattori produttivi (L, K, ecc.), nonché del progresso tecnologico.

Occorre però sottolineare che la liberalizzazione del commercio non produce gli stessi effetti per tutti i paesi, poiché questi dipendono non solo dalle diverse caratteristiche, ma anche dai vantaggi comparati che variano da nazione a nazione. Inoltre gli effetti del commercio sull'ambiente, dipendono anche dalla rigidità delle politiche a reagire proprio ai cambiamenti di mercato.

Antweiler et al (2001) illustrano un modello che permetta di relazionare il commercio con inquinamento, crescita e dotazioni dei paesi. Assumono che vi sia uno stato di piccole dimensioni in cui si producono i beni X ed Y utilizzando i due classici fattori

produttivi K ed L . Si assume inoltre che l'industria che produce X sia *capital intensive* e che produca inquinamento; al contrario Y è un'industria *labour intensive*, dalla quale non scaturiscono emissioni inquinanti. In presenza di barriere al commercio, il prezzo di X differisce da quello del resto del mondo e sarà definito come:

$$p = \beta p^w$$

In cui p^w è il prezzo del resto del mondo e β sarà maggiore di uno se il paese importa il bene inquinante X , al contrario il valore risulterà minore di uno se il paese esporta il bene.

Inoltre gli autori scompongono l'inquinamento nei tre effetti che lo compongono (effetto scala, di composizione e tecnico):

$$\hat{z} = \hat{S} + \hat{\sigma} + \hat{e}$$

\hat{S} rappresenta l'effetto di scala e cioè i cambiamenti di emissioni inquinanti dovuti alla variazione della dimensione dell'economia in cui si opera; $\hat{\sigma}$ individua il tasso di bene inquinante sul totale dell'output ed infine \hat{e} rappresenta l'effetto tecnologico e quindi l'intensità di inquinamento dell'industria inquinante. La domanda di inquinamento viene considerata come funzione positiva delle economie di scala, della presenza di quantità di capitale e del prezzo a livello mondiale del bene inquinante. Invece è funzione negativa delle eventuali tasse ambientali introdotte nell'economia. Quindi anche la frizione commerciale influenza la domanda a seconda che il paese sia un importatore o esportatore del bene inquinante.

L'offerta di inquinamento è determinata invece dal valore del prezzo dell'inquinamento, inteso ad esempio come tassa ambientale, che a sua volta subisce l'influenza del livello di reddito. Combinando domanda ed offerta si ottiene l'equazione

$$\hat{z} = \pi_1 \hat{S} + \pi_2 \hat{I} - \pi_3 \hat{I} - \pi_4 \hat{T} + \pi_5 \hat{p}w + \pi_6 \hat{\beta}$$

In cui π_i è positivo, K indica il rapporto capitale-lavoro, I il reddito pro capite reale e T l'effetto tecnologico. Dato che si è definito $\beta > 1$ per il paese importatore di beni inquinanti, la liberalizzazione commerciale determinerà $\hat{\beta} < 0$ poiché il paese con vantaggio comparato nella produzione del bene pulito assisterà ad una diminuzione delle emissioni. Al contrario se $\beta < 1$ per l'esportatore, allora si verificherà $\hat{\beta} > 0$ dato che il paese ha un vantaggio comparato nella produzione di bene inquinante, che esporta. Quindi gli autori dimostrano che la liberalizzazione non ha un effetto univoco, ma dipende dal tipo di vantaggio comparato posseduto dal paese in questione.

Copeland e Taylor (2003) analizzano un modello in cui ipotizza che le politiche siano rigide e che il governo mantenga fissi i livelli delle emissioni. Suppongono inoltre che il paese importi il bene inquinante x , quindi inizialmente il prezzo domestico risulta maggiore rispetto a quello del resto del mondo, ma nel momento della liberalizzazione scompaiono le barriere ed anche il prezzo domestico subisce un cambiamento (diminuisce).

Così come accaduto nell'analisi della crescita, anche dal punto di vista del commercio si possono individuare tre distinti effetti: di scala, di composizione e tecnologico. La lettura della figura 1.3 può renderli più chiari.

Nel quadrante superiore si analizza la produzione di beni, mentre in quello inferiore si ha l'inquinamento. Inizialmente (in chiusura commerciale) si produce al prezzo domestico q_0 , per cui la produzione si posiziona in A . Con la liberalizzazione, il prezzo domestico diminuisce a q_1 , quindi la produzione si muove da A a C e l'inquinamento si riduce da z a z_2 . Si può misurare l'effetto di scala al prezzo internazionale del bene, individuando lo spostamento da A a B , con un passaggio dell'inquinamento al livello z_1 .⁷

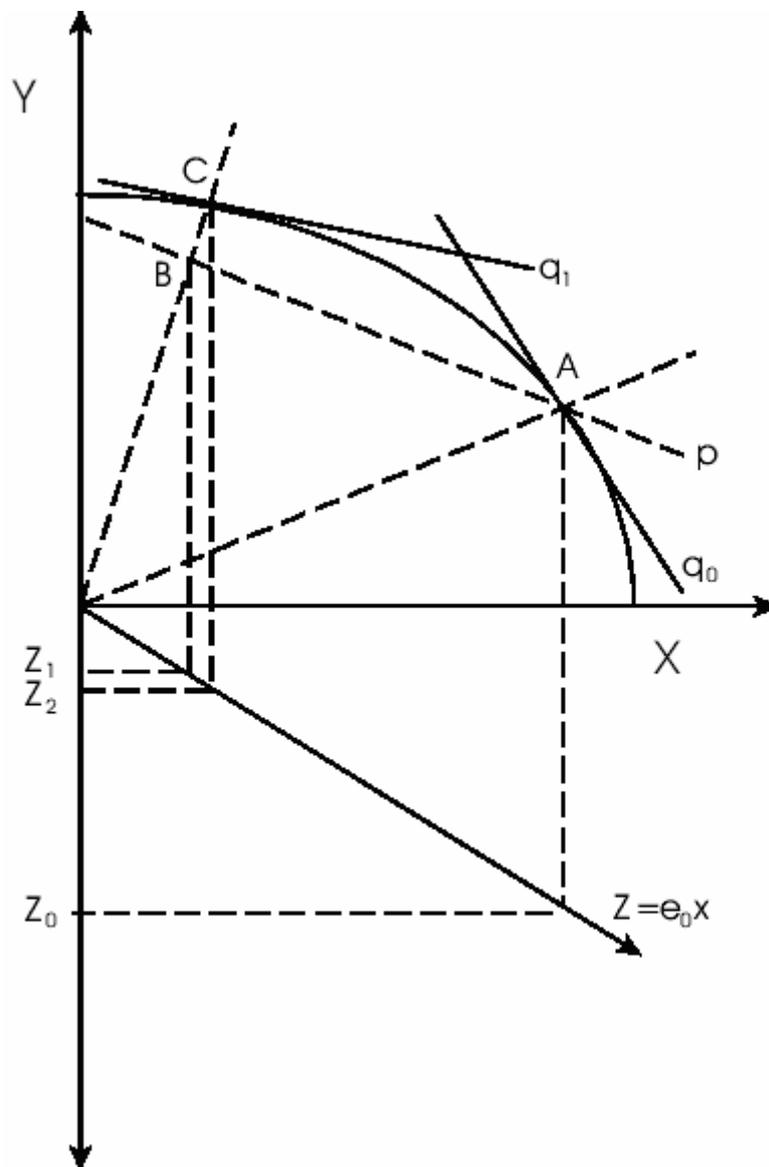
Si individuano in questo modo i due effetti⁸:

⁷ Se invece si ipotizzasse che il paese esporti il bene inquinante x , la liberalizzazione genererebbe un aumento del prezzo domestico e i produttori si sposterebbero verso la produzione di x . Entrambi gli effetti sarebbero positivi e genererebbero un aumento di inquinamento.

⁸ L'effetto tecnico non è presente per le assunzioni iniziali di intensità di emissioni fisse.

- Di composizione (da A a B), che risulta negativo poiché sono state rimosse le protezioni commerciali sul bene inquinante, inducendo così i produttori ad orientarsi verso la produzione del bene più pulito.
- Di scala (da B a C), positivo e tende a far aumentare l'inquinamento. Infatti il commercio alimenta una migliore efficienza produttiva misurata al prezzo internazionale; questo genera una maggiore quantità di output e quindi di inquinamento prodotti.

Figura 1.3: Gli effetti della liberalizzazione



Fonte: Copeland e Taylor (2003), p. 30.

Nel modello ipotizzato quindi l'effetto di composizione ha un andamento ambiguo a cui bisogna aggiungere la considerazione che l'effetto va poi influenzato, anche in questo caso, dal tipo di vantaggio comparato del paese. Se si ha un vantaggio comparato nella produzione del bene "pulito", il commercio può portare ad una sua espansione, viceversa è l'industria inquinante a svilupparsi.

Possono infatti individuarsi due tipi di effetti opposti che guidano i vantaggi comparati. Da un lato l'effetto cosiddetto *Pollution Haven Effect* (definito a volte anche *dumping* ambientale), secondo il quale le industrie maggiormente inquinanti emigrano e si localizzano nei paesi con una regolamentazione meno restrittiva. Poiché si presume che tale regolazione sia presente nei paesi meno sviluppati, l'apertura commerciale può favorire una delocalizzazione delle imprese dai paesi industrializzati verso i PVS⁹. In questo senso potrebbe anche accadere che i paesi in via di sviluppo non abbiano particolare incentivo a rendere più stringente la propria regolamentazione, proprio con la finalità di rendersi attrattivi per i paesi più ricchi che vogliono localizzare altrove le produzioni inquinanti. Questa politica viene supportata anche dalla scarsa presenza, o in alcuni casi totale assenza, di una domanda ambientale nei paesi più poveri, dove di fatto i consumatori sono orientati al soddisfacimento di tutt'altro genere di bisogni per cui non percepiscono l'utilità della preservazione del bene ambientale.

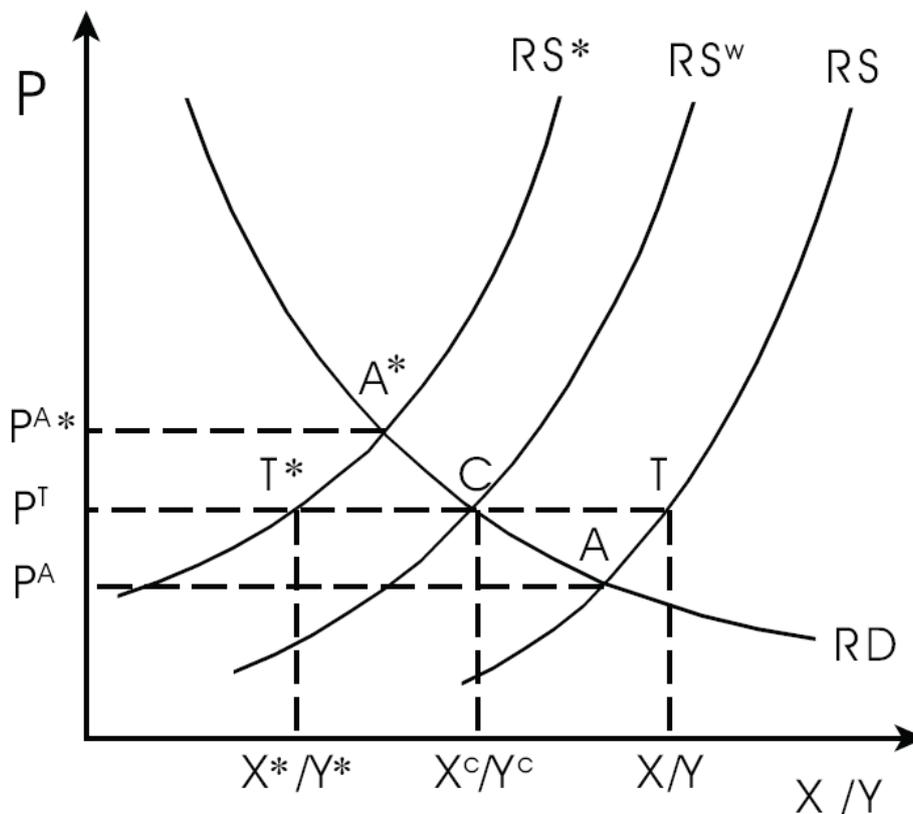
L'altro effetto che potremmo definire effetto delle dotazioni iniziali (*factor endowment effect*), fa riferimento alle dotazioni di risorse tra i paesi. Poiché il bene inquinante viene considerato relativamente più *capital intensive*, secondo questo effetto, la liberalizzazione può provocare una riallocazione delle imprese più inquinanti nei paesi maggiormente dotati del fattore capitale. Per spiegare queste dinamiche gli autori fanno riferimento ad un semplice modello in cui si considerano solo due paesi: Nord e Sud, completamente identici se non nelle *policy* e nei fattori in dotazione. Il Nord possiede una maggiore dotazione di fattore capitale, al contrario il sud di lavoro. Come

⁹ In realtà, l'evidenza empirica non avvalora sempre l'ipotesi di *Pollution Haven*. Infatti le imprese che operano a livello internazionale, tendono spesso ad adottare le pratiche più competitive e tecnologicamente più avanzate, solitamente legate a scarsi livelli di impatto ambientale. Questo indipendentemente del paese in cui si trovano ad operare. Quest'ultima ipotesi rappresenterebbe un caso in linea con l'ipotesi di Porter.

illustrato nella seguente figura (fig. 1.4) si è in presenza di un'unica curva di domanda, ma di molte curve di offerta.

Inizialmente sia il Nord che il Sud si trovano posizionati sulla stessa curva di offerta RS , che interseca la curva di domanda nel punto A , determinando il livello di prezzi in autarchia p^A .

Figura 1.4: Gli effetti della liberalizzazione



Fonte: Copeland e Taylor (2003), p. 37.

Si ipotizza che il Sud abbia una tassa di inquinamento meno elevata e questo stimola la produzione di bene inquinante x , secondo la logica che i paesi con *policy* meno restrittive producono più bene inquinante, qualsiasi sia il suo prezzo. La curva RS si sposta quindi verso destra nella curva RS^* , che determina il prezzo p^{A*} . Quindi anche in autarchia il paese che presenta una politica più debole produce più inquinamento. Il fatto che $p^A \neq p^{A*}$ genera un mercato nel momento in cui il commercio si apre: il Nord

può importare x dal Sud, mentre il Sud importa il bene pulito y dal Nord. Questo però non fa altro che stimolare la produzione del bene inquinante nel Sud¹⁰.

Questo semplice modello spiega in che modo la *policy* possa influire sui vantaggi comparati dei diversi paesi in un ambito di apertura internazionale e il concetto chiave è rappresentato dal fatto che l'effetto che il commercio sembra avere sull'ambiente dipende comunque dalle capacità produttive e dalle caratteristiche dei diversi paesi¹¹.

Gli studi empirici in questo senso possono risultare di grande aiuto nell'evidenziare gli effetti prevalenti e le dinamiche reali di inquinamento tra i paesi, per valutare se le ipotesi sin qui trattate presentino o meno un riscontro. Low et al. (1992) evidenziano che più del 90% delle produzioni inquinanti del 1988 derivavano da paesi OECD. Questo significa che la localizzazione delle imprese inquinanti non può semplicemente trovare spiegazione nella debolezza delle politiche, poiché quelli individuati sono proprio i paesi che, secondo la teoria, avendo maggiori redditi, dovrebbero anche porre in essere le politiche più strette.

Dall'altro lato diversi studi evidenziano che di fatto i paesi più chiusi in termini commerciali sembrano anche essere quelli che inquinano di più. Birdsall et al (1992) considerano che negli ultimi vent'anni i paesi più aperti hanno raggiunto un livello di possesso di imprese più pulite, mentre Lucas et al. (1992) affermano che le industrie inquinanti sono cresciute molto più rapidamente nei PVS, relativamente più chiusi agli scambi commerciali con il resto del mondo.

Tuttavia la gran parte degli studi tende a considerare il legame tra ristrettezza della *policy* e flussi commerciali molto debole.

Si può anche cercare di valutare le politiche ambientali siano in un certo qual modo legate alle politiche commerciali.

¹⁰ Può anche accadere che in paesi identici tranne che per la dotazione di risorse e livello di reddito venga introdotta una *policy* tale per cui i paesi più ricchi saranno disposti a pagare di più per preservare la qualità ambientale rispetto ai paesi più poveri. Questo genererà nei primi politiche più stringenti con gli effetti che abbiamo indicato precedentemente.

¹¹ Si può infatti considerare come il Nord sia in presenza di politiche più restrittive, ma dall'altro lato è sicuramente caratterizzato da più industrie *capital intensive*. Quindi secondo le ipotesi di partenza, da un lato tenderebbe ad importare merci inquinante dal Sud per aggirare la ristrettezza delle normative, ma dall'altro tenderebbe ad esportare la merce per la quale detiene il fattore produttivo in abbondanza (nel nostro caso il capitale, che produce merce inquinante). Quindi l'andamento dell'inquinamento dipende dal tipo di effetto che prevale, nonché dall'elasticità del reddito al danno marginale. (Per ulteriori specificazioni si veda Copeland e Taylor (2003), p. 39-43).

Alcune visioni teoriche considerano ad esempio che le politiche ambientali riescano a sostituire strumenti di politica commerciale, quando questi non possano più essere utilizzati per la presenza di accordi internazionali. Questi infatti abbattano le barriere commerciali nel tentativo di alimentare il libero commercio e maggiori fonti di ricchezza. Le imprese nazionali però si trovano aperte alla concorrenza internazionale, situazione che può indurre i governi a scegliere una politica commerciale meno restrittiva per sostenere le imprese inquinanti che altrimenti si vedrebbero tagliate fuori dalla scena internazionale¹². Da questo punto di vista quindi il commercio può rappresentare un danno per l'ambiente. Diverse critiche vengono mosse in questa direzione. Innanzitutto sembra eccessivamente semplicistico considerare politica ambientale e commerciale gli unici due strumenti nelle mani del governo; in realtà questi ha la possibilità di scegliere tra una certa varietà di mezzi, tra i quali anzi la politica ambientale risulta essere il meno controllabile e compare tra i più costosi. Ci sono ben scarse evidenze del fatto che la politica ambientale possa subentrare in sostituzione di quella tariffaria in una situazione di apertura commerciale tra paesi.

Inoltre molti economisti evidenziano come la politica commerciale venga solitamente varata a livelli centralizzati di governo, mentre quella ambientale è affidata a livelli sottostanti, regionali e locali. Sembra quindi molto difficile porre in essere una politica che risponda pienamente alle necessità ambientali, o per lo meno, questo implica una forte cooperazione tra diversi livelli di governo, che in realtà sappiamo essere di molto difficile raggiungimento.

Altro aspetto importante da evidenziare è quando invece sono le politiche commerciali ad essere sfruttate a favore di quelle ambientali. Come precedentemente illustrato, il commercio potrebbe anche produrre un incremento dell'inquinamento, per cui restrizioni commerciali potrebbero essere una ragione alla base della sua diminuzione.

In realtà, in linea generale, gli studi effettuati in riguardo al rapporto tra liberalizzazione commerciali ed inquinamento sembrano comunque portare verso conclusioni comuni che vedono l'allargamento commerciale come elemento di miglioramento della qualità ambientale. Studi abbastanza recenti evidenziano poi

¹² Se la politica commerciale è l'unico strumento nelle mani del governo, questi tenderà di sfruttarlo, fissando una tassa minore rispetto al danno marginale ambientale.

come in realtà sembri prematuro affermare che la regolamentazione non influenzi i flussi commerciali, anzi viene spesso mostrato come gli andamenti commerciali e i flussi di investimento possono essere influenzati dalla regolazione dell'inquinamento ambientale. Concludendo si può osservare comunque come molti degli studi più avvalorati considerino il commercio scarsamente influente sul livello della qualità ambientale¹³.

¹³ Occorrerebbe poi valutare la scomposizione di questo effetto commerciale in tutte e tre le sue componenti (effetto scala, composizione e tecnologico), il ruolo che giocano nel determinare l'effetto totale e la loro diversità a seconda dei paesi che vengono considerati.

CAPITOLO 2

L'INNOVAZIONE AMBIENTALE

Negli ultimi decenni i problemi di inquinamento e di deterioramento delle risorse naturali si sono fatti sempre più sentiti. Questo ha generato l'intensificarsi delle iniziative di politica ambientale, sia a livello nazionale che internazionale, nel tentativo di risolvere la crisi nel rapporto tra sviluppo e limitatezza delle risorse, temi che, sia a livello mondiale che europeo, richiamano un sempre maggiore interesse. In generale e soprattutto in Italia, i governanti hanno spesso utilizzato strumenti amministrativi di tipo *command and control*¹⁴, fissando regole per la riduzione dell'inquinamento, destinate a settori d'attività e/o tipologie di emissioni ben specifiche, poi sfruttando le procedure per il controllo ed infine l'applicazione di sanzioni agli operatori non in regola.

Una novità fondamentale è stata poi introdotta dal Protocollo di Kyoto, firmato nel 1997, che definisce dei limiti giuridicamente vincolanti per le emissioni di gas serra. In particolare esso prevede che i paesi industrializzati e quelli con economia in transizione si impegnino a ridurre, entro il 2012, complessivamente del 5,2% il livello di emissione dei principali gas¹⁵, rispetto ai valori del 1990. Questa riduzione complessiva poi non è uguale per tutti i paesi, ma può essere raggiunta congiuntamente da un insieme di paesi, in una modalità chiamata "bolla". Tale modalità è stata ad esempio adottata dall'Unione Europea, in cui la riduzione complessiva prevista dovrà essere dell'8%, con una ripartizione differenziata tra i paesi membri.

Il nuovo approccio introdotto dal Protocollo viene definito *cap and trade*, secondo il quale gli operatori più virtuosi, che saranno in grado di ridurre le emissioni al di sotto

¹⁴ I sistemi di regolazione si basano sul comando (divieti, prescrizioni, standard) e sul controllo (autorizzazioni, monitoraggi, ispezioni e sanzioni amministrative e penali). Tali sistemi di regolazione non sembrano adeguati per orientare le economie di mercato e le imprese verso la sostenibilità.

¹⁵ Il paniere di gas a effetto serra considerato dal Protocollo, prevede sei tipi di gas: anidride carbonica CO₂, metano CH₄, protossido di azoto N₂O, fluorocarburo idrati HFC, perfluorocarburi PFC, esafluoruro di zolfo SF₆.

del livello predefinito, avranno la possibilità di cedere sul mercato le quote corrispondenti a riduzioni di emissioni al di sotto dei suddetti livelli¹⁶.

Questi strumenti di tipo innovativo permettono che le imprese, la cui struttura dei costi rende economicamente conveniente ridurre le emissioni inquinanti, abbiano l'opportunità di vendere permessi di inquinamento alle imprese che, invece, hanno costi maggiori di disinquinamento.

Si fa strada quindi l'idea di una regolazione ai fini della sostenibilità ambientale, capace di trasformare i vincoli ambientali in opportunità, grazie anche all'incentivo per le imprese ad introdurre miglioramenti tecnologici e gestionali in modo da ridurre l'impiego di materiali e i consumi energetici. Già il tentativo di rendere effettivo il principio secondo il quale "chi inquina paga" permetterebbe di compiere un notevole passo in avanti per rendere l'inquinamento economicamente non conveniente e per internalizzare i costi ambientali.

Di contro altri studi (es. Kemp, 1995) dimostrano che in molti casi la stimolazione di innovazioni che riducano l'impatto ambientale è maggiore quando deriva da standard o da un sistema di permessi.

Secondo altre scuole di pensiero, un approccio basato sulla riduzione dell'inquinamento grazie all'uso dello strumento delle tasse potrebbe portare a risultati più vantaggiosi. Un sistema di imposte ecologiche consentirebbe più verosimilmente di premiare chi raggiunge risultati migliori e, viceversa, penalizzare gli altri. Secondo Ronchi (2000) tassare le emissioni, lo smaltimento dei rifiuti o i consumi di energia elettrica favorisce l'innovazione tecnologica e l'uso efficiente di energia. Millock e Nauges (2003) studiano ad esempio l'impatto che una tassa introdotta in Francia sull'inquinamento dell'aria ha prodotto in termini di emissioni. Ricavano che, nonostante il livello della tassa, minore rispetto a quanto sarebbe stato necessario per generare la diminuzione dell'inquinamento dell'aria, questa sembra aver avuto esiti positivi proprio sulla riduzione delle emissioni.

¹⁶ Sulla base di tale approccio si basano i cosiddetti meccanismi flessibili, ossia strumenti innovativi di adempimento orientati al mercato e tesi a contenere i costi di abbattimento delle emissioni, previsti dallo stesso Protocollo. In realtà esistono visioni critiche di questo aspetto che considerano che lo strumento dei permessi di inquinamento per poter funzionare, deve orientarsi su un mercato effettivamente concorrenziale, con un'infinità di soggetti che vi operano. La sperimentazione del sistema negli USA non sembra aver portato esiti molto esaltanti.

Ad ogni modo, qualsiasi sia la visione prevalente, l'innovazione è il cardine per il miglioramento della qualità ambientale e non solo.

Abbiamo già precedentemente evidenziato¹⁷ l'importanza dell'innovazione tecnologica, come una delle principali motivazioni che spingono la curva EKC a cambiare di tendenza, anche se questo non è l'unico elemento da tenere in considerazione.

Dalla realtà emerge che un numero sempre maggiore di imprese introduce la variabile ambientale nei propri processi produttivi in modo da contenere da un lato i costi di produzione, attraverso l'eliminazione degli sprechi nei processi di trasformazione e dall'altro di ridisegnare prodotti compatibili con la sostenibilità ambientale, in modo da incontrare le esigenze dei consumatori, sempre maggiormente orientati alle problematiche di inquinamento.

Sembra quindi interessante chiedersi in che modo viene guidata l'innovazione ambientale, cioè definire quali sono le determinanti che permettono la sua introduzione e che allo stesso tempo la differenziano dall'innovazione "tradizionale".

L'innovazione ambientale può essere spronata da elementi esterni all'impresa, come strumenti di politica, o interni, ad esempio strategie di *management* e forze provenienti dal mercato, come la crescente domanda ambientale da parte dei privati. La distinzione tra quanta parte di innovazione ambientale viene guidata da elementi endogeni o esogeni diventa sempre più complessa, mano a mano che le politiche ambientali tendono a svilupparsi. Inoltre, sempre più spesso, sono una serie di elementi congiunti (aumento della domanda ambientale da parte della società, *stakeholders*, regolamentazione, ecc.) che determinano la necessità da parte delle imprese di adottare innovazioni che riducano l'impatto ambientale della loro attività.

L'innovazione è strettamente correlata al concetto di produttività aziendale¹⁸, che infatti può trarre vantaggio dall'innovazione ambientale, in quanto essa implica introduzione di nuove tecnologie e quindi maggior efficienza produttiva e possibilità di incrementare la propria competitività, sia a livello nazionale che internazionale. L'incremento della produttività può essere generato da diversi elementi, quali il

¹⁷ Si veda il capitolo 1.

¹⁸ Solitamente il modo migliore per calcolare la produttività è il rapporto Valore Aggiunto su numero di lavoratori.

progresso tecnologico, ma anche dall'introduzione di maggiore efficienza derivante, tra le altre possibilità da economie di scala o dalla massimizzazione dell'utilizzo di risorse a propria disposizione, tra cui i principali fattori produttivi: capitale e lavoro.

Ci occuperemo quindi di illustrare l'aspetto innovativo come traino per la produttività aziendale e le conseguenze che ciò può generare anche dal punto di vista della produttività del lavoro.

2.1 Innovazione “tradizionale” ed innovazione “ambientale”

Innanzitutto si può tentare di apporre una distinzione tra le tipologie di innovazione. L'innovazione tecnologica tradizionale può anch'essa rappresentare uno dei fattori responsabili del miglioramento delle performance ambientali e questo deriva dal fatto che non sempre è semplice districarsi nell'intreccio di che cosa definire come innovazione ambientale ed innovazione tecnologica tradizionale.

Da questo punto di vista, è abbastanza complesso ritrovare una definizione comune ed universale. Esaminando la letteratura che si è occupata dell'argomento, ci si accorge subito delle continue riformulazioni che il concetto di innovazione ha subito nel corso degli anni, spostandosi da un paradigma all'altro ed assumendo caratteristiche sempre nuove; in questo frangente.

Di fatto si può considerare l'innovazione come un cambiamento fondamentale, prodotto dalla tecnologia all'interno di un processo produttivo o in un prodotto o addirittura nell'intera gestione dell'impresa. A seconda dei casi si parla quindi di innovazione di prodotto, di processo o organizzativa.

Le innovazioni di tipo tecnologico possono essere classificate come:

- **Innovazioni radicali**, le quali si presentano in modo discontinuo ed addirittura sembrano manifestarsi nelle fasi di depressione economica. Queste generano un significativo miglioramento tecnologico, come ad esempio si può considerare l'informatizzazione.
- **Innovazioni incrementali**, dette anche marginali, poiché si presentano di continuo nell'economia e riguardano miglioramenti in entità già esistenti.

Molte imprese spesso pongono l'accento sulle innovazioni radicali, sottovalutando le potenzialità connesse ai cambiamenti incrementali. Studi compiuti sui processi di

sviluppo incrementale indicano in realtà che nel corso del tempo i benefici cumulativi di efficienza sono spesso molto più consistenti di quelli ricavabili da occasionali cambiamenti radicali. Negli ultimi anni, miglioramenti incrementali di questo tipo hanno ricevuto una maggiore attenzione da parte della letteratura del cosiddetto *Total Quality Management*¹⁹, che nasce dall'osservazione dei benefici ottenuti dalle aziende manifatturiere giapponesi grazie ai miglioramenti incrementali sia della qualità che della produttività.

Sicuramente l'innovazione tecnologica è uno dei fattori indispensabili per il raggiungimento di buone performance anche in termini ambientali, considerando appunto come spesso non sia affatto semplice distinguere tra i diversi tipi di innovazione, soprattutto quando ci si pone l'obiettivo di discernere l'innovazione "classica" da quella "ambientale". La "tradizionale" innovazione può infatti apportare migliori oppure nuocere all'ambiente; il limite tra dinamiche tecnologiche ambientali e non ambientali è abbastanza ambiguo.

Secondo Pickman (1998), si può considerare innovazione ambientale una tecnologia che incorpora il controllo dell'inquinamento, vi ponga rimedi o che arrivi ad evitare emissioni inquinanti. Il controllo dell'inquinamento e tecnologie che lo rimedino possono risolvere il problema delle emissioni, mentre tecnologie che lo evitino permettono di concentrarsi sul tema di come sottrarsi all'inquinamento stesso. Ancora Kemp et. al. (2001) definiscono l'innovazione ambientale come processi, tecniche, sistemi o prodotti nuovi o modificati che eliminino o riducano il danno ambientale.

L'innovazione correlata alla gestione ambientale può ricondursi a quattro livelli di lettura:

1. **Processo di trasformazione**, in cui ci si concentra sull'ottimizzazione del consumo di materie prime, di energia e sulla minimizzazione degli scarti.
2. **Prodotto**, poiché è divenuta importante anche l'eco-compatibilità non solo del processo produttivo, ma anche del prodotto in sé stesso, considerando il suo

¹⁹ Il TQM è l'insieme delle caratteristiche che permettono ad un prodotto/servizio di soddisfare le esigenze del mercato nel miglior modo possibile. Ogni processo aziendale deve produrre un output che soddisfi le esigenze di chi lo acquisisce, quindi è necessario orientare continuamente l'azione manageriale verso la cattura delle esigenze dei clienti, esterni ed interni, e verso la modifica e il controllo dei processi affinché questi soddisfino le suddette esigenze. E' connessa con tale approccio l'idea del miglioramento continuo dei prodotti e dei processi.

intero ciclo di vita. Quindi ci si orienta non solo nel rendere i prodotti intrinsecamente meno inquinanti, ma anche nel renderli facilmente recuperabili in un'ottica di smaltimento.

3. **Sistema di smaltimento e riciclaggio**, che considera le tipologie tecnologiche che hanno come obiettivo la risoluzione a valle (la cosiddetta *end of pipe*) dei problemi di emissioni nocive o di rifiuti. Rientrano in questa categoria anche i sistemi di logistica di ritorno, che le aziende definiscono in riguardo ai processi di ampliamento delle responsabilità²⁰.
4. **Sistemi di gestione e monitoraggio**, poiché l'introduzione corretta delle politiche ambientali richiede anche l'individuazione delle responsabilità e l'introduzione a livello ambientale di procedure di controllo che permettano al management di monitorare ed eventualmente procedere al miglioramento delle performance ambientali dell'impresa.

L'innovazione ambientale, chiamata a spaziare in questi quattro campi, diviene un elemento distintivo dell'impresa, capace di migliorarne l'immagine e la competitività. L'introduzione di variabili ambientali non è più quindi valutata come un costo aggiuntivo del processo di produzione, ma diventa un fattore funzionale alla gestione orientata al successo competitivo, sociale e reddituale dell'impresa. La variabile ambientale sprona l'innovazione tecnologica, che a sua volta conduce a soluzioni *environment oriented*, in una logica del tipo *push&pull*. Si innesta quindi una sorta di circolo vizioso tra qualità ambientale ed innovazione.

Una tavola riassuntiva degli elementi alla base della spinta verso l'innovazione ambientale può essere rappresentata dalla figura 2.1.

²⁰ Si fa riferimento sempre più spesso alla cosiddetta responsabilità del produttore, in cui cioè il produttore è chiamato a rispondere per i danni del prodotto. Si concentra quindi un maggiore interesse in tutte le fasi della produzione, dalla progettazione, all'eco-compatibilità dell'intero ciclo di vita del prodotto.

Figura 2.1: Determinanti dell'innovazione ambientale

Supply side	<ul style="list-style-type: none"> • Technological capabilities; • Appropriation problem and market characteristics.
Demand side	<ul style="list-style-type: none"> • (Expected) market demand (demand pull hypothesis) • Social awareness of the need for clean production; environmental consciousness and preference for environmentally friendly products.
Institutional and political influences	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental policy (incentive based instruments or regulatory approaches); • Institutional structure: e. g. political opportunities of environmentally oriented groups, organization of information flow, existence of innovation networks.

Fonte: Horbach (2006), p. 4.

Rothenberg e Zyglidopoulos (2004) identificano tre categorie di elementi che possono influenzare il processo di diffusione tecnologico e quindi di innovazione:

1. natura della tecnologia;
2. fattori interni all'impresa;
3. fattori esterni.

In riguardo alla natura della tecnologia in sé stessa, Rogers (1983) individua alcune caratteristiche basilari dell'innovazione che influenzano il grado di diffusione della tecnologia²¹; un successivo studio di Bierma e Waterstraat (2001) riscontra come ognuno dei fattori individuati da Rogers giochi un ruolo fondamentale nella diffusione di tecnologie ambientali nell'industria chimica, oggetto della loro analisi. In questo senso quindi l'innovazione tecnologica funge da propulsore anche per l'adozione di nuove tecnologie che apportano benefici a livello ambientale.

Per quanto invece concerne i fattori interni all'impresa, sempre secondo Rogers (1983), è importante la percezione, da parte della stessa, del vantaggio relativo derivante dall'innovare. Au e Enderwick (2000), affrontano uno studio su 298 imprese ed evidenziano diversi fattori interni che influenzano il tasso di diffusione della

²¹ Vantaggi relativi, compatibilità, complessità, possibilità di prova ed osservabilità.

tecnologia, tra questi la difficoltà percepita dall'adozione della tecnologia, le esperienze passate, gli impegni di fornitura ed appunto il livello di benefici che viene percepito.

Infine i fattori esterni riguardano appunto l'ambiente esterno che circonda l'impresa a cui si riconducono, secondo Rothenberg e Zyglidopoulos (2004) due caratteristiche fondamentali : *munificence*²² (munificenza) e dinamismo.

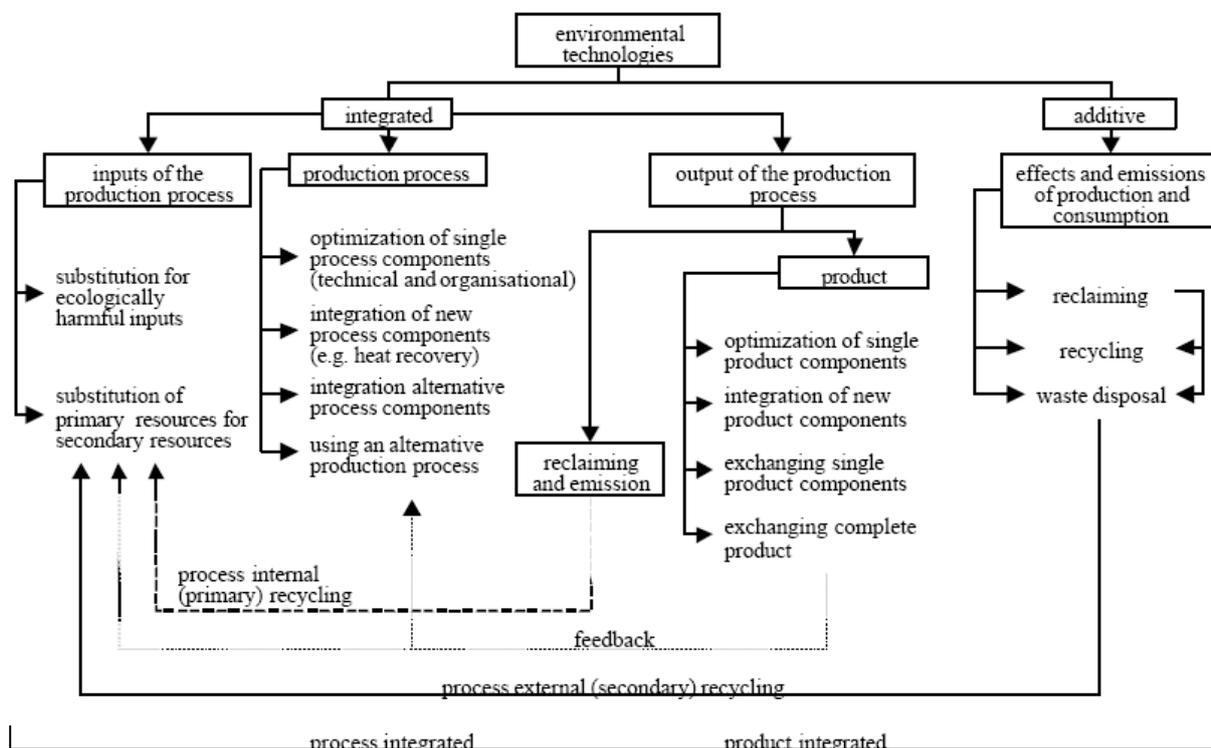
Con il termine *munificence*, gli autori si riferiscono alla ricchezza o alla scarsità di risorse nello spazio in cui l'impresa si trova ad operare, mentre il dinamismo riporta il grado di instabilità o turbolenza che caratterizza l'ambiente. In particolare gli autori cercano di investigare l'impatto che queste due dimensioni del *task environment* hanno sull'adozione di innovazione ambientale. Arrivano a conclusioni interessanti, considerando come *munificence* non risulti avere un impatto sull'adozione di innovazione ambientale, mentre il dinamismo sembra giocare un ruolo positivo significativo. Questi risultati sono contrari all'assunzione secondo la quale le imprese potrebbero abbattere le spese non essenziali (come quelle ambientali) in casi di incertezza economica. Evidentemente questo non accade perché le imprese non considerano gli investimenti in tecnologie ambientali come non essenziali, ma al contrario, percepiscono la necessità di innovare come risposta all'instabilità economica. Inoltre può accadere che in ambienti molto dinamici, siano proprio le imprese più innovative che riescono ad evolvere, seguendo i repentini cambiamenti del mercato, anche grazie ad una buona gestione ambientale.

Si evidenzia anche come il grado con cui l'impresa è disposta ad adottare innovazioni ambientali, dipenda dal grado con cui implementa altre tecnologie innovative, al fine di aumentare la propria produttività. Una distinzione che può risultarci d'aiuto nella trattazione del rapporto tra produttività ed innovazione tecnologica, vede la distinzione tra due sostanziali tipologie innovative, che potremmo definire come curative da un lato e preventive dall'altro. Nel primo caso ci si riferisce a tecnologie che possono considerarsi integrate all'interno del processo produttivo, mentre nell'altro si

²² Già Castrogiovanni (1991) definisce come *munificence* “la scarsità o l'abbondanza di risorse critiche necessarie alle imprese che operano all'interno di un contesto ambientale” (1991, p. 542, citato da Rothenberg e Zyglidopoulos (2004), p.3).

potrebbero definire come tecnologie additive, le cosiddette tecnologie *end-of-pipe*. La figura successiva (2.2) può illustrare l'andamento di entrambe.

Figura 2.2: Le tecnologie ambientali



Fonte: Pfeiffer e Rennings (1999), p. 5.

Spesso le imprese si concentrano su tecnologie di abbattimento, poiché possono venire più facilmente incorporate nei processi produttivi rispetto alle tecnologie integrate. Negli ultimi tempi però, facendosi più sentita la problematica ambientale anche dal lato delle imprese, si assiste all'intensificarsi di diverse tipologie innovative, che possono riguardare anche le tecnologie integrate, piuttosto che l'innovazione organizzativa. L'innovazione di processo vede infatti l'adozione di produzioni "pulite", che diminuiscono l'uso di risorse o l'inquinamento a monte del processo produttivo. Sono queste tipologie quelle che maggiormente vengono auspicate sia per ragioni economiche che ambientali, soprattutto se rapportate alle tecnologie di tipo *end of pipe*, che frenano le emissioni introducendo misure aggiuntive a valle del processo produttivo. Tuttavia può accadere che siano queste ultime ad essere introdotte, poiché

le scelte tecnologiche vengono influenzate da problemi ambientali specifici o dal processo regolatore²³ che può vedere l'introduzione di standard. In questo caso la migliore risposta risulta appunto una tecnologia *end of pipe*.

Frondel, Horbach e Rennings (2004) effettuano uno studio su sette paesi OECD²⁴ per valutare quali risultino le misure più appropriate al fine dell'abbattimento. Sorprendentemente, risulta che il 76,8% dei paesi investe nelle cosiddette produzioni "pulite", mentre solo il 23,2% in tecnologie *end of pipe*. Ovviamente appaiono alcune diversità a seconda dei paesi di riferimento²⁵, ma il risultato è comunque importante se si considera come per lunghissimo tempo le imprese risultavano maggiormente orientate ad introdurre soluzioni a valle del processo produttivo, anche se, come suddetto, non è il modo più auspicabile per raggiungere l'obiettivo di abbattimento dell'inquinamento. Lo studio evidenzia che il risparmio sui costi produttivi tende ad essere associato all'adozione di tecnologie pulite, mentre la regolazione e l'introduzione di *policy* stringenti, tendono a facilitare l'adozione di innovazioni *end of pipe*. Inoltre l'innovazione organizzativa sembra aumentare e facilitare l'introduzione di innovazione tecnologica, ma la maggior parte delle innovazioni risultano essere di processo piuttosto che di prodotto (l'84,4% contro il 15,6%). Questo a causa del fatto che l'innovazione di prodotto soffre ancora di troppa assenza di stimoli da parte del mercato. Gli autori inoltre stimano un modello logit multinominale per valutare perché le imprese scelgano di introdurre diverse tecnologie di abbattimento. Risulta, a conferma di quanto asserito da altri studi, una relazione positiva significativa tra ristrettezza delle politiche ed adozione di tecnologie *end of pipe*. L'adozione di tecnologie del tipo *cleaner production* sembra collegata invece a *driver* di mercato (quindi non regolamentativi). La finalità di risparmio dei costi favorisce quindi misure integrate di processo. Infine anche gli strumenti di management sembrano essere importanti per l'introduzione di tecnologie integrate. L'inserimento di innovazione di processo e di prodotto viene supportato da investimenti in R&D specificatamente

²³ Un sistema regolativo di tipo *command and control* frequentemente impone standard tecnologici che possono essere rispettati solo grazie all'uso di misure *end of pipe*.

²⁴ Canada, Francia, Germania, Ungheria, Giappone, Norvegia ed USA.

²⁵ All'86,5% del Giappone si contrappone il 57,5 % della Germania, la cui esplicazione può essere ritrovata nella politica praticata in passato dal paese tedesco, pesantemente a favore dell'adozione di misure *end of pipe*.

legati a questioni di carattere ambientale. Concludendo, gli autori, affermano che maggiore stimolo per gli investimenti in innovazione di processo e di prodotto può derivare dall'ampliamento del gap dei costi tra i due tipi di tecnologie.

L'innovazione quindi si trova al centro della scena e secondo Baumol una buona espressione per definire il concetto è: “*innovation breeds innovation*” (Baumol 2002, p. 284, come citato da Horbach 2006, p. 4), da cui si conferma il forte legame esistente tra innovazione in termini generali ed innovazione ambientale. Sicuramente alcune motivazioni alla base del processo innovativo possono essere rappresentate dal fatto che l'adozione di innovazione può generare *spillover* positivi che ricado sulla gestione ambientale; inoltre l'investimento in tecnologie produttive mette in luce una certa propensione dell'impresa ad esporsi al rischio di innovare che può allargarsi anche all'innovazione di carattere ambientale.

Trattando l'argomento innovativo però non si deve dimenticare che il fine principale perché l'innovazione possa essere introdotta è la sua capacità di fornire ritorni di produttività per l'impresa. Questo obiettivo può essere proprio vanificato dalla presenza dei sopraccitati *spillovers*. Infatti questi fenomeni, da un lato producono effetti positivi grazie alle loro ricadute su tutta l'economia, ma dall'altro possono trasformarsi in un freno alla spinta innovativa aziendale. Infatti il ritorno di produttività catturato dal processo innovativo ha un senso finché l'impresa è tra le poche a godere di questo vantaggio sul mercato. Perciò si introduce la necessità di minimizzare gli *spillovers* che derivano dal processo innovativo e questo diventa possibile a seconda delle caratteristiche della tecnologia (quando ad es. è sottoposta a copertura brevettale), ma anche dalla conformazione della struttura del mercato²⁶. Esiste quindi un *trade-off* tra le esternalità generate dal processo innovativo. Il risultato che ne deriva si presenta come abbastanza ambiguo: da un lato le imprese possono essere disposte ad innovare solo se avranno la certezza di ricavare una rendita dalla

²⁶ Infatti una struttura di mercato di tipo monopolistico, permettono di diminuire il problema di *spillovers* di nuove tecnologie adottate da un'impresa, ma che possono poi ricadere sull'intera industria, alimentando il problema del *free rider*, e disincentivando le imprese più innovative a muoversi. D'altro canto però non bisogna dimenticare che il monopolio a lungo andare può rappresentare la morte dell'innovazione, poiché le imprese che vi operano, già sicure della rendita che deriva loro dal mercato, perdono incentivo ad investire in R&S. Ciò invece sembra non accadere nel caso di imprese di piccole dimensioni ed altamente dinamiche.

loro attività, possibile solo in caso di protezione dei *first mover*. Questo però automaticamente può generare una restrizione delle ricadute positive sull'economia, con conseguenti effetti negativi sulla diffusione tecnologica. In realtà sembra opportuna la presenza comunque di misure protettive senza le quali le imprese non si muoverebbero verso l'introduzione di nuove tecnologie, le quali sebbene protette,²⁷ presto o tardi verranno poi rese note e l'intero sistema potrà quindi trarne un beneficio.

2.2 Efficienza e regolazione ambientale: i *drivers* esogeni dell'innovazione

A questo punto sembra interessante chiedersi se l'innovazione può essere considerata come una risposta alla regolazione ambientale, o comunque valutare il ruolo che essa gioca nel processo innovativo. Secondo alcuni autori, la regolamentazione governativa sembra infatti uno degli stimoli all'innovazione. In particolare la politica ambientale dovrebbe essere introdotta dal perseguimento di alcuni obiettivi: (i) ridurre la durata della traiettoria tecnologica che, per le sue caratteristiche non si presenta come sostenibile nel lungo periodo; (ii) ottimizzare gli effetti di scala e di apprendimento dinamici; (iii) spingere affinché le imprese adottino miglioramenti tecnologici che aumentino la sostenibilità. Quest'ultimo aspetto merita una certa attenzione poiché: *«dato un obiettivo di tutela ambientale, i primi due condurranno alle soluzioni più efficienti, mentre esso assicura anche lo sviluppo e l'utilizzo di soluzioni più efficaci»* Malaman (1996, p. 12). In particolar modo in presenza di chiarezza da parte del governo in riguardo agli obiettivi di lungo periodo, le imprese saranno più orientate a perseguire risultati di miglioramento tecnologico non solo efficiente in termini di costi, ma anche efficace in termini di sostenibilità ambientale.

2.2.1 Quali strumenti politici possono stimolare l'innovazione

Ci si può domandare quale sia, se esiste, lo strumento di *policy* più appropriato ad incentivare l'innovazione. In questo paragrafo ci occuperemo di illustrarne brevemente alcuni, senza dimenticare che l'obiettivo di politica ambientale non sempre può essere raggiunto dal semplice utilizzo di un solo strumento, ma più verosimilmente sono le

²⁷ Va comunque considerato che la protezione brevettale è comunque temporanea.

azioni combinate quelle che sembrano riscuotere più probabilità di successo. Già l'OECD elenca quali sono gli strumenti a disposizione dei governi per cercare di controllare l'inquinamento (si veda figura 2.3)

Figura 2.3: Gli strumenti di *policy*

ECONOMIC INSTRUMENTS

<i>Redefining property rights</i>	Tradeable emission permits; liability insurance legislation.
<i>Charge systems</i>	Effluent charges, user charges, product charges and administrative charges. Product charges would be for instance charges on the content of pollutants in products or input factors, whereas effluent charges and user charges aim directly at charging the cost of resource use.
<i>Subsidies</i>	Financial aid in installing new technology; subsidies to environmental R&D expenditure (often in conflict with PPP).
<i>Deposit-refund systems</i>	Combines charges and subsidies so as to provide incentives to return pollutants for recycling. Particularly relevant to waste management.
<i>Enforcement incentives</i>	Non-compliance fees, performance bonds. Although enforcement incentives can be regarded as a type of economic instruments, they are inseparable from regulatory measures.

REGULATION

<i>Standards</i>	Effluent standards, ambient standards, technology standards. Setting requirements to be met usually by a limited number of market agents such as certain industries or individual companies.
<i>Resource use quotas</i>	Emission quotas, harvesting quotas (eg. fisheries); by allowing quotas to be traded among market agents, the quota system would be transformed to a system of tradeable permits.
<i>Negotiation</i>	Negotiating rules to be set up for a particular industry or company. The distinction between this form and other types of regulation is that enforcement is often left to the industry itself (subject to the threat of further measures in the future).

Fonte: OECD (1989)

Standard Ambientali

Gli standard di emissione vengono spesso calcolati in funzione delle caratteristiche delle tecnologie di tipo *end of pipe*. Per questa loro caratteristica, non sembrano essere un particolare promotore innovativo, piuttosto possono utilizzarsi per la diffusione di tecnologie già esistenti, ma non come propulsore alla scoperta di nuovi approcci innovativi.

Non va inoltre dimenticato che gli standard possono imporre all'industria costi molto elevati, perciò se si intende avvalersi di tale strumento, risulta indispensabile concedere all'industria appunto un periodo di tempo necessario per adattarsi in modo da “spalmare” i costi su più periodi successivi.

Strumenti Economici

All'interno di questa categoria riconosciamo le tasse sulle emissioni e i permessi negoziabili di inquinamento, che rappresentano appunto un'alternativa alle politiche *command and control*, poiché si orientano nell'incentivare l'inquinatore a ridurre le emissioni. In questo modo inoltre l'inquinatore sembra maggiormente orientato all'adozione di tecnologie integrate ai processi produttivi, piuttosto che del tipo *end of pipe*, come accade invece per i sussidi.

Le tasse e i permessi permettono ad ogni inquinatore di scegliere in che modo agire: conformarsi alle norme o pagare per le emissioni inquinanti che produce. L'aspetto critico è rappresentato dal fatto che in questo modo non è prevedibile il comportamento che gli inquinatori sceglieranno di adottare. Inoltre è necessario che i produttori siano sensibili al segnale dei prezzi, che a loro volta devono risultare sufficientemente alti da incentivare le imprese a sviluppare nuove tecnologie.

I Sussidi

I sussidi ed i prestiti agevolati possono essere motivati dall'incertezza che gravita attorno all'introduzione di nuove tecnologie. In realtà il problema dei sussidi è che, oltre ad essere abbastanza dispendiosi, possono non discernere tecnologie valide da quelle mediocri. Questo strumento dovrebbe utilizzarsi infatti solo nel primo caso, cioè tecnologie di buona qualità, ma che ancora necessitano di ulteriori migliorie prima del loro inserimento sul mercato.

2.2.2 L'ipotesi di Porter

L'importanza della regolazione viene evidenziata nell'ipotesi di Porter²⁸, secondo la quale la regolamentazione stimola l'innovazione che controbilancia i costi di adeguamento, sostenuti dalle imprese. Tale ipotesi è spesso al centro di dibattiti; numerosi studi l'hanno fermamente smentita, altri invece hanno apportato conferme ad essa. L'impresa da sola non è in grado di riconoscere quando l'innovazione può ridurre i suoi costi, perciò la regolamentazione deve fungere da leva per stimolarla. Senza di essa le imprese, lasciate al loro libero agire, non sarebbero in grado di valutare l'ammontare dei costi necessari ad innovare, per cui potrebbero non procedere in questa direzione.

Porter e Van Der Linde (1995) presentano diversi esempi di imprese che aumentano i loro profitti, come risultato del cambiamento generato dall'adeguamento alla regolamentazione. Affermano inoltre di credere che ogni tipo di regolamentazione ambientale conduca inevitabilmente ad innovazione e competitività, ma sostengono che *“we believe that if regulations are properly crafted and companies are attuned to the possibilities, then innovation to minimize and even offset the cost of compliance is likely in many circumstances”* (p. 110, citato da Popp, 2005, p. 3). Secondo gli autori una regolamentazione adeguata fornisce segnali alle imprese riguardo all'opportunità di eliminare inefficienze nello sfruttamento delle risorse, nonché alla possibilità di ridurre l'incertezza degli investimenti ambientali²⁹. Inoltre può stimolare la maggiore coscienza, da parte dei soggetti pubblici e dei cittadini privati, della necessità di migliorare il contesto ambientale, stimolando così la nascita di una domanda rispetto a beni e servizi ambientali.

²⁸ Secondo l'ipotesi di Porter una stringente regolamentazione ambientale può indurre le imprese all'efficienza, nonché stimolare ed incoraggiare l'innovazione che può aiutare ad aumentare la competitività. Porter afferma che i costi risparmiati, grazie all'adozione di nuove tecnologie, sono più che sufficienti a compensare sia i costi cosiddetti di *compliance*, cioè di adeguamento alla regolamentazione, che quelli necessari all'introduzione dell'innovazione.

²⁹ Occorre infatti considerare che, in assenza di informazione perfetta, le imprese potrebbero non cogliere la necessità di muoversi in direzione di cambiamenti innovativi, considerando la forte incertezza che gravita attorno al ritorno degli ingenti investimenti compiuti. La regolazione quindi deve soprattutto essere orientata al sostenimento di queste problematiche, nel tentativo di ovviare al problema di asimmetria informativa.

Kemp (1995) rileva che le normative possano addirittura condurre ad una modernizzazione dell'industria, come successo all'industria tessile statunitense. Qui le imprese sono state indotte ad investire in tecnologie tessili avanzate dagli standard per le polveri di cotone e ciò ha generato un incremento nella produttività. Uno studio OECD (1985) rileva che le normative non rappresentano un ostacolo all'innovazione: si evidenzia come le pressioni ambientali spesso abbiano stimolato o modificato programmi di miglioramento del processo produttivo. Barman e Bui (2001) considerano che la produttività di raffinerie petrolifere nel bacino di Los Angeles aumenta allo stesso tempo in cui la restrizione della regolamentazione ambientale produce effetti; stabilimenti in altre localizzazioni invece vedono la loro produttività diminuire. Alpay et al. (2002) evidenziano una maggiore produttività delle manifatture messicane, come risposta all'aumento della severità della regolamentazione.

A questi studi empirici se ne vanno poi ad aggiungere altri di ordine teorico che cercano di spiegare in quali casi può avvenire una completa compensazione dei costi di *compliance*, così come suggerito da Porter e Van Der Linde.

Poiché risultati che confermino l'ipotesi non si generano in mercati concorrenziali e con perfetta informazione, allora diventa necessario introdurre alcuni fallimenti del mercato.

Mohr (2002) considera che il nuovo capitale risulta meno inquinante rispetto al capitale obsoleto. Se le esternalità generate dal processo del *learning by doing* producono economie di scala nelle imprese che innovano successivamente, allora quelle che si muoveranno per prime dovranno sopportare uno svantaggio, cosa che invece non accadrà nelle altre, che avranno appunto la possibilità di apprendere dai *first movers*. Perciò nessuna impresa sarà tentata ad innovare se non spronata da una ferma regolamentazione. Sulla stessa linea Hurt (2004) afferma che le tasse ambientali possono incrementare la crescita inducendo investimenti in R&S che altrimenti non si verificherebbero proprio a causa di fallimenti del mercato. Inoltre occorre considerare che spesso quando si parla di investimenti in R&S ci si riferisce a grandi quantità di denaro; alcune innovazioni in questo senso andranno a buon fine, mentre in altri casi può accadere che i progetti di ricerca falliscano e con essi si perdano tutti i capitali

investiti. Quindi è abbastanza evidente che per le imprese esista una convenienza ad investire in questo senso sostanzialmente quando vengono obbligate a farlo attraverso la regolamentazione.

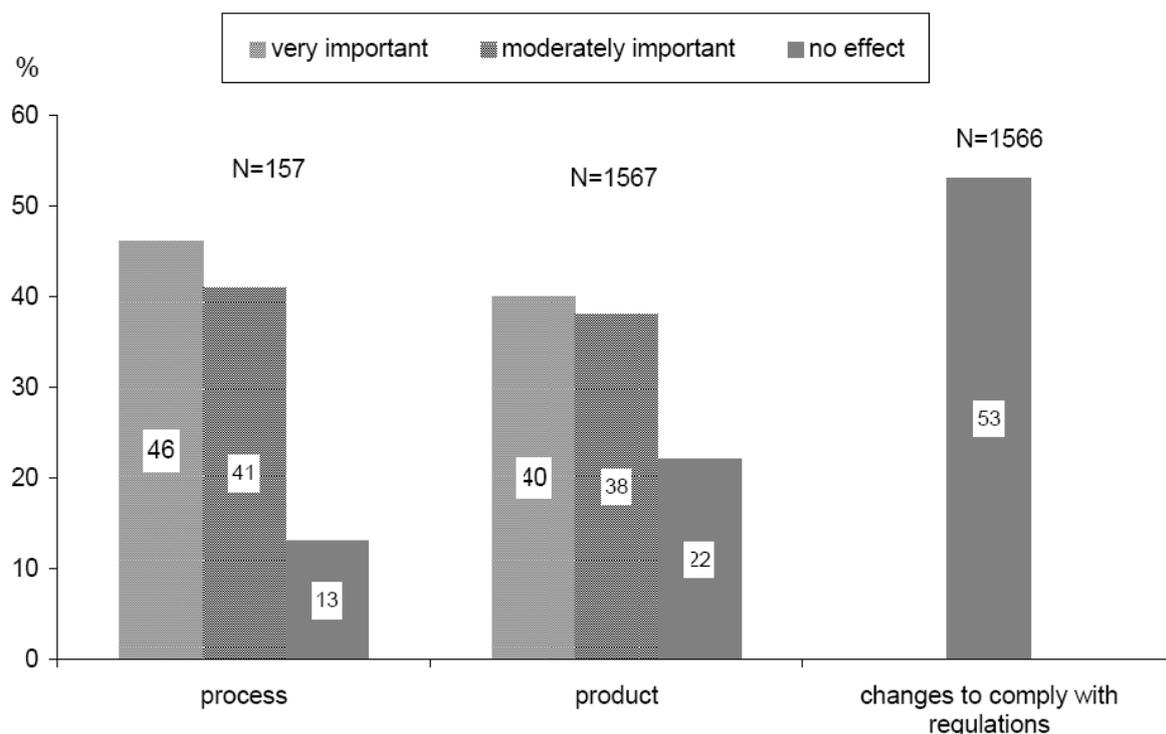
Invece secondo Popp (2005), il riscontro della veridicità dell'ipotesi di Porter non è così scontato. L'autore conduce uno studio di una semplice simulazione a due periodi nei quali l'impresa si trova a fronteggiare una regolamentazione. Essa produce output utilizzando input inquinanti, ed in risposta alla regolamentazione l'impresa deve diminuire la quantità di tali input. Nel periodo 1 l'impresa può effettuare R&S per aumentare la produttività dell'input, ma il risultato di questa ricerca è incerto. L'impresa quindi decide di investire in R&S se il valore dei profitti attesi nei due periodi è maggiore attuando R&S, piuttosto che senza. Quando le imprese si trovano di fronte ad un contesto regolamentato si aspettano che i propri profitti siano maggiori se svolgono R&S, piuttosto al caso contrario. Quando invece non si è in presenza di regolamentazione i profitti attesi sono maggiori in assenza di attività di ricerca. Perciò un'impresa decide di investire in attività di ricerca se si è in presenza di una politica di regolazione. L'autore quindi si chiede quanti processi sono necessari affinché avvenga la completa compensazione dei costi postulata da Porter. Il modello evidenzia che la probabilità di un completo aggiustamento dei costi avviene in pochissimi casi³⁰. I risultati sono quindi controversi rispetto a quanto postulato da Porter. Tuttavia è anche importante sottolineare che la simulazione stilata da Popp presenta risultati per una singola impresa, per cui gli *spillovers* che ricerche di successo possono produrre su altre imprese non vengono presi in considerazione. Nondimeno i potenziali effetti degli *spillovers* non devono essere sottovalutati, bensì tenuti in ferma considerazione. Mentre Porter e Van Der Linde considerano i vantaggi dell'impresa che per prima adotta l'innovazione, in realtà proprio grazie a questi elementi le imprese che si muovono successivamente possono trarre maggiore vantaggio. Infatti il successo di una nuova ricerca non è certo, perciò le imprese che attendono le mosse dei *first movers*, possono successivamente adattare ai propri processi solo le tecnologie di maggior successo, applicando il classico comportamento del *free-rider* e sostenendo

³⁰ Popp (2005) afferma che il bilanciamento avvenga solo nel 16% dei casi. Ovviamente questo valore dipende dai valori che l'autore ha utilizzato per stilare le ipotesi del modello. Per maggiori specificazioni si veda Popp (2005), p. 3-10.

costi di *compliance* minori. Porter e Van Der Linde invece valutano solo il vantaggio competitivo che può derivare per l'impresa che per prima adotta la nuova tecnologia, senza considerare le elevate probabilità di insuccesso della R&S indotta dalla regolamentazione.

L'importanza della regolazione non deve comunque essere sottovalutata, Kneese e Schultze (1975) considerano che l'elemento più importante in base al quale giudicare la politica ambientale è quello di valutare in che misura stimola l'adozione di nuove tecnologie che si occupino di migliorare la qualità ambientale. Dunque la regolamentazione può giocare un ruolo di tutto rilievo nell'innovazione ambientale, si veda ad esempio la figura 2.4, riferita ad uno studio di Rennings e Zwick (2001), in cui gli autori si focalizzano sull'importanza della regolazione per l'introduzione di innovazioni di processo o di prodotto.

Figura 2.4: Importanza della regolazione ambientale nei cambiamenti tecnologici



Fonte: Rennings e Zwick (2001), p. 23.

Intervistano 1594 imprese in cinque paesi europei e chiedono se cambiamenti tecnologici concreti siano stati generati negli ultimi tre anni (il progetto va dal 1998 al

2001), come necessità di fronteggiare la regolamentazione. Il grafico illustra chiaramente che la regolazione gioca un ruolo fondamentale sia nell'innovazione di processo che in quella di prodotto. Inoltre cambiamenti innovativi, per adeguarsi al nuovo assetto, sono stati introdotti in più della metà delle imprese intervistate³¹.

Jaffe e Palmer (1994) esaminano l'applicazione annua di brevetti e le spese in R&S in relazione alle PACE (*pollution abatement and control expenditure*), come misura del grado di restrizione della regolamentazione. Scoprono che i costi di adeguamento hanno un effetto positivo significativo sulle spese di R&S.

Altri studi invece (vedi Palmer et. al., 1995) mostrano evidenza di una diminuzione della produttività aziendale a seguito dell'introduzione della regolamentazione.

Cole et. al. (2004) effettuano uno studio sui dati delle emissioni inquinanti nel periodo 1990-2000 dell'industria anglosassone, incrociandoli con le caratteristiche delle imprese e delle regioni in cui esse operano. I risultati mostrano che sia i *policy drivers* che le caratteristiche endogene dell'impresa sono cruciali nell'esplicazione dell'andamento dell'intensità di inquinamento dell'industria. Quindi alcuni elementi che influenzano il grado di inquinamento sono al di fuori del controllo dei *policy makers*.

Bisogna poi evidenziare un altro aspetto messo in luce da Jaffe e Palmer (1994) e cioè che si possano verificare tre diversi scenari: (i) la regolamentazione ambientale non produce effetti significativi sull'innovazione ambientale e su nessun altro tipo di innovazione; (ii) la regolamentazione ambientale ha effetti positivi su altre dinamiche di innovazione, ma negativi su quella ambientale; (iii) la regolamentazione ambientale produce un effetto positivo sull'innovazione ambientale, ma negativo sugli altri tipi di innovazione. Lo studio di Pickman (1998) si occupa di valutare l'effetto della regolamentazione sull'innovazione ambientale, trascurando i suoi effetti su altri tipi di innovazione. L'ipotesi base è che la regolamentazione impone dei costi alle imprese, necessari per ottemperare alle restrizioni imposte. Le imprese quindi decidono di innovare se il costo atteso derivante dall'adeguamento alla regolamentazione è maggiore rispetto al costo dell'innovazione da introdurre.

³¹ Per ulteriori specificazioni si veda Renning e Zwick (2001).

La regolamentazione influenza le attività innovative attraverso l'impatto che produce sui costi di abbattimento dell'inquinamento. Quindi un'impresa che deve sopportare costi marginali di abbattimento più elevati, e di conseguenza maggiori costi totali di abbattimento, è spinta ad introdurre maggiori innovazioni, rispetto invece ad un'impresa che è costretta a sopportare minori costi marginali. L'autore conduce un'analisi su dati panel attraverso un modello in cui la variabile dipendente è una misura dell'attività innovativa, mentre la variabile presa in considerazione per studiare gli effetti della politica, è una misura dei costi di abbattimento. L'interpretazione dovrà essere effettuata a livello di industria, a causa della scarsa disponibilità di dati a livello di imprese, per cui Pickman considera che, in media, i costi marginali di abbattimento e le opportunità innovative dell'industria siano simili. Un primo approccio si basa sulla stima di una regressione utilizzando gli OLS. Di fatto gli OLS si dimostrano inconsistenti poiché non misurano necessariamente l'effetto dei costi di abbattimento sull'innovazione: può infatti accadere che imprese altamente innovative siano di fatto anche tra le più inquinanti e quindi gravate da elevati costi di abbattimento. Un esempio è rappresentato dall'industria chimica. Si ha quindi una caratteristica dell'impresa che mette in correlazione la variabile esplicativa con il termine di errore, violando una delle assunzioni degli OLS e rendendo quindi tale stima inconsistente. Il problema viene ovviato stimando un modello 2SLS³². Le conclusioni a cui si perviene sono differenti rispetto al caso di Jaffe e Palmer (1994), proprio poiché la presente analisi non si concentra sulla totalità dei brevetti ma solo su quelli che generano innovazione di natura ambientale. In questo senso la regolazione sembra essere veramente un elemento in grado di generare innovazione ambientale, anche se sembra togliere risorse ad altri tipi di innovazione, ma senza un suo declino considerato in termini totali. Si può quindi parlare di un effetto di sostituzione negli sforzi innovativi messi in atto dalle imprese.

Altro studio interessante in cui si cerca di discernere il tipo di innovazione ambientale dalla quello tradizionale è presentato da Horbach (2006). L'autore indaga sulle

³² Two Staged Least Squares, all'interno del quale uno strumento può essere usato per la variabile dei costi di abbattimento. In particolar modo l'autore utilizza i permessi di inquinamento per misurare la rigidità della regolamentazione e le PACE (Pollution Abatement and Control Expenditure) per la misura dei costi di abbattimento.

determinanti dell'innovazione ambientale, analizzando dati di tipo *panel* provenienti da due banche dati tedesche diverse: *the Institute for Employment Research* (IAB) e *the Mannheim Innovation Panel* (MIP) del Centro per le Ricerche Economiche Europee. Innanzi tutto l'analisi econometrica svolta da Horbach pone sotto i riflettori dell'innovazione l'enorme importanza che riveste l'attività di R&S. Inoltre, dai risultati ottenuti, la dimensione dell'impresa non risulta essere significativa, mentre sembra che elevati tassi di *export* possano aumentare la competitività internazionale dell'impresa. Una motivazione a ciò può essere rappresentata dal fatto che le imprese che operano su mercati internazionali hanno maggiori incentivi ad investire in *quality competition*. Anche la domanda, come già in precedenza è stato evidenziato, gioca un ruolo notevole per la realizzazione di innovazione ambientale di prodotto, ma tra tutti il più rilevante risultato è che strumenti di gestione ambientale risultano particolarmente importanti nella spinta all'introduzione di innovazione. Questo conferma quanto ricavato anche da altri studi.³³ Anche i cambiamenti di carattere organizzativo svolgono una funzione considerevole nel promuovere l'innovazione.

Alcuni studi recenti hanno evidenziato l'esistenza di un legame tra apertura del commercio e regolazione più restrittiva da un lato ed il trasferimento delle tecnologie tra i paesi dall'altro³⁴. Popp (2005) analizza come le *policy* ambientali interne ed esterne ad un paese influenzino la disponibilità di tecnologie tra i paesi stessi. Il trasferimento delle tecnologie viene infatti visto come elemento importante per risolvere, almeno in parte, i problemi ambientali a livello globale. Attualmente non è ancora ben chiaro il meccanismo che guida gli scambi tecnologici, mentre una loro individuazione permetterebbe di fornire un quadro d'azione politica a livello mondiale. L'autore si pone l'obiettivo di investigare se l'innovazione di un paese può spronare l'attività innovativa di un altro. Occorre quindi valutare come la *policy* ambientali influenzino le innovazioni nei diversi paesi.

Ci sono due modi con cui la conoscenza esterna può influenzare l'economia domestica:

³³ Si confronti paragrafo 2.3.

³⁴ Questo resta in linea con quanto affermato dall'ipotesi di Porter evidenziando come la regolazione possa stimolare l'innovazione e quindi la competitività, guidando le imprese verso l'adozione di tecnologie innovative.

1. l'innovazione straniera può essere direttamente adottata dal paese considerato;
2. la conoscenza estera può influenzare l'attività interna di R&D.

Metodi diversi hanno implicazioni diverse. Nel primo caso le innovazioni vengono diffuse da paesi che divengono *leader* per la tecnologia introdotta. Ci saranno poi altre imprese estere che potranno introdurre la stessa tecnologia copiandola dai *first mover*, ma svolgendo comunque attività di ricerca interna, per rendere tali innovazioni compatibili alle diverse caratteristiche del mercato interno al paese. Popp (2005) usa dati sui brevetti in Germania, Giappone ed USA per studiare l'andamento dell'innovazione ed i trasferimenti tecnologici in risposta alla regolazione sulle emissioni NO_x e SO₂. Dall'analisi emerge che un legame tra innovazione e regolazione domestica esiste. In ogni paese studiato, le imprese rispondono ad una più stretta politica aumentando le innovazioni, e ciò vale anche per i paesi in cui la regolazione viene introdotta successivamente rispetto ad altri. Questo sembra spiegare che i paesi che si muovono successivamente non stanno semplicemente copiando l'innovazione posta in essere altrove. Al contrario attività di R&D interne sembrano venire stimolate, così che una parte delle innovazioni estere vengono incorporate in quelle interne. Dall'analisi emergono quindi trasferimenti tecnologici di tipo indiretto, infatti paesi che innovano successivamente assistono comunque ad un aumento delle attività innovative interne anche dopo l'attuazione delle restrizioni di *policy*.

Proprio perché il processo è di tipo indiretto, i *policy maker* possono creare politiche che tengano conto di questo, considerando le innovazioni provenienti dall'estero ed il modo in cui guidano la ricerca interna. In questo modo risulta una politica di più ampia scala in cui R&D interne ed estere divengono sostituti perfetti, che si avvicinano in una regolazione coordinata a livello globale.

2.2.3 Spese di abbattimento

Sempre in richiamo all'ipotesi di Porter e alla possibilità che l'innovazione tecnologica controbilanci le spese sostenute dalle imprese in risposta alla regolazione, si può osservare più nel dettaglio l'insieme di tali spese. A questo proposito può essere interessante valutare che cosa determina il livello di spese di abbattimento assunto dalle imprese (*pollution abatement expenditures*, PAE).

Le spese di abbattimento ambientale possono essere distinte in alcune categorie: spese di capitale basate sul processo (*process-based capital expenditures*), spese di capitale post-produttive (*post-production capital expenditure*, come soluzioni del tipo *end of pipe*), spese correnti (*current expenditure*, per le quali si utilizzano mezzi interni all'impresa) e pagamento di altri soggetti esterni all'impresa, per svolgere funzioni di controllo dell'inquinamento.

L'efficienza produttiva sembra poter influenzare le PAE sia positivamente che negativamente. Infatti si può considerare come le imprese più efficienti abbiano meno necessità di investire in PAE, semplicemente come conseguenza della loro elevata efficienza nell'utilizzo di risorse, che intrinsecamente può generare un livello minore di inquinamento. D'altro canto però può anche accadere che gli impianti più efficienti ed innovativi adottino nuove tecnologie, atte a diminuire l'uso di input, non appena queste si presentino sul mercato e questo viene associato a più elevati livelli di PAE.

Collins e Harris (2005) si sono occupati di valutare questo aspetto, esaminando i legami tra efficienza produttiva e PAE, analizzando alcuni impianti chimici anglosassoni negli anni 1991-1994. Gli autori valutano come le spese di abbattimento possano essere considerate in due contesti: di efficienza e nella valutazione della proprietà³⁵. Nelle imprese più efficienti sembra che vengano richieste meno spese di abbattimento quando ci si deve adattare a determinate restrizioni apportate dalla regolamentazione ambientale. Inoltre, come evidenziato anche in precedenza, sono proprio queste le prime ad adottare nuovi strumenti di riduzione degli input, risparmiando sulle tecniche di produzione. Di conseguenza sembra che gli impianti più efficienti siano in grado di produrre gli output meno inquinanti.

³⁵ Se cioè la proprietà è di soggetti stranieri o fa riferimento a soggetti all'interno del paese.

Per quanto concerne gli stabilimenti di proprietà straniera³⁶ sembrano essere meno inquinanti rispetto a quelli anglosassoni, probabilmente grazie ad una tecnologia più avanzata. A conferma di quanto considerato a livello teorico, dall'analisi risulta che gli impianti più efficienti inquinino meno e quindi debbano investire meno in spese di abbattimento e ciò accade per ogni tipo di categoria analizzata. Inoltre si evidenzia come la relazione tra spese di efficienza e di abbattimento siano anche caratterizzate da specifici effetti dell'industria, come intensità di capitale, proprietà dello stabilimento, età dell'impianto. Impianti più vecchi sono meno propensi ad esborsi per l'abbattimento, mentre impianti cosiddetti *capital intensive* sono più propensi ad affrontare queste spese di controllo delle emissioni inquinanti. Infine sembra che gli impianti esteri cerchino di risultare maggiormente efficienti e di investire in spese di abbattimento, forse con l'obiettivo di fornire una migliore immagine di se stessi all'estero, una cosiddetta "green image"³⁷.

Lo studio risulta quindi molto interessante poiché evidenzia diversi degli aspetti che possono influenzare la scelta di adozione di nuove tecnologie da parte delle imprese, ponendo una nota distintiva interessante sulla proprietà degli stabilimenti industriali. Questo aspetto si ricollega alle teorie di *pollution haven hypothesis*³⁸ smentendo se vogliamo la visione secondo la quale le imprese più inquinanti, si delocalizzano in paesi in cui la restrizione della politica ambientale risulta essere meno stringente. Lo studio di Collins e Harris (2005) tiene appunto conto di un elemento che al giorno d'oggi sembra rivestire sempre più importanza, soprattutto per le multinazionali che si trovano ad operare in diversi stati, e cioè l'immagine che l'impresa dà di sé stessa. Questo fattore può infatti influenzare le decisioni di un consumo sempre più attento alle problematiche ambientali ed in grado di spaziare su una vastissima offerta di beni alternativi. L'impresa che vuole sopravvivere in tale scenario deve necessariamente tenere in considerazione queste componenti aggiuntive del commercio internazionale.

³⁶ Vengono inserite nel modello *dummy* che si riferiscono alla proprietà di imprese facenti parte dell'Europa, Stati Uniti e Sud Est Asiatico.

³⁷ Nel confronto con gli impianti UK, quelli SEA risultano meno propensi (14%) a spendere in spese di capitale post-produttive, e per il 3,5% meno propense ad adottare un controllo delle spese di abbattimento interno all'impresa. All'incirca lo stesso accade anche per gli altri tipi di proprietà (UE e USA). Risultano invece maggiormente orientati (18,5% in più rispetto agli impianti UK) a rivolgersi a consulenti esterni.

³⁸ Si veda capitolo 1.

2.2.4 Ciclo di innovazione e di *policy* a confronto

Un altro aspetto importante da valutare, ma che spesso dalle analisi non viene propriamente tenuto in considerazione, è il rapporto tra processo di innovazione e *policy*. Tale connessione viene illustrata da Krozer e Nentjes (2005): i due autori relazionano il ciclo di *environmental policy* con quello innovativo.

Perché la politica di regolamentazione venga adottata, è infatti indispensabile, che le tecnologie necessarie ad implementare le restrizioni previste dalla stessa siano già presenti sul mercato, cosa che non sempre accade. Ad esempio non è accaduto in California, dove è stata introdotta nel 1990 la regolamentazione “*zero automotive emission*” che imponeva livelli di emissioni che solo automobili elettriche o ibride potevano rispettare, senza considerare che tali tecnologie non risultavano ancora pienamente disponibili. Altro caso eclatante è quello del “*Verpackungsverordnung*” tedesco del 1988, che prevedeva una politica di riciclaggio dell’80-90% del *packaging*, senza considerare che le tecnologie di riciclaggio non erano in grado di supportare tale regolamentazione.

Possiamo distinguere il ciclo di implementazione di *policy* distinto in quattro fasi successive. La prima prevede la **segnalazione** della situazione di degrado ambientale che spinge i regolatori alla necessità di avviare le procedure per l’attuazione di una politica adeguata³⁹. Successivamente si procede alla **preparazione** della politica. Questa fase trasforma i segnali provenienti dall’esterno in regolamentazione e, nella maggior parte dei paesi UE, inizia allertando i produttori di nuove tecnologie e valutando quelle disponibili; tra di esse viene poi individuata quella che al meglio può centrare gli obiettivi che la politica deve fissare⁴⁰. Si passa poi all’**implementazione** in cui si assiste all’installazione delle tecnologie che hanno incontrato i requisiti di abbattimento delle emissioni, solitamente controllate attraverso licenze di

³⁹ Purtroppo possono anche trascorrere anni nel corso dei quali si susseguono segnali in riguardo, senza che però il problema trovi possibilità di presentazione in agenda e quindi il normale ciclo di implementazione della politica abbia inizio.

⁴⁰ Ovviamente la valutazione verte sull’individuazione di quelle tecnologie che permettono di centrare gli obiettivi senza tuttavia procurare un elevato costo, esperti effettuano le loro valutazioni, dopodiché la tecnologia viene qualificata come BAT (*Best Available Technologies*). Questo percorso amministrativo può arrivare a richiedere dai 3 ai 5 anni, ma non sono esclusi ritardi. A questa attesa si aggiunge la successiva discussione per la definizione della politica vera e propria che può superare anche gli 8 anni. In conclusione questa fase da sola ha una durata spesso superiore ai 12 anni.

inquinamento. Purtroppo, così come le precedenti, anche questa fase può incontrare numerose lungaggini legate, tra gli altri elementi, al fatto che le imprese non rinnovano le loro licenze ad inquinare se non nel momento di forti cambiamenti produttivi. La diffusione di nuove tecnologie può però essere aiutata da procedure legali o da atti amministrativi. Infine le fasi terminano con la **valutazione** dei risultati ottenuti.

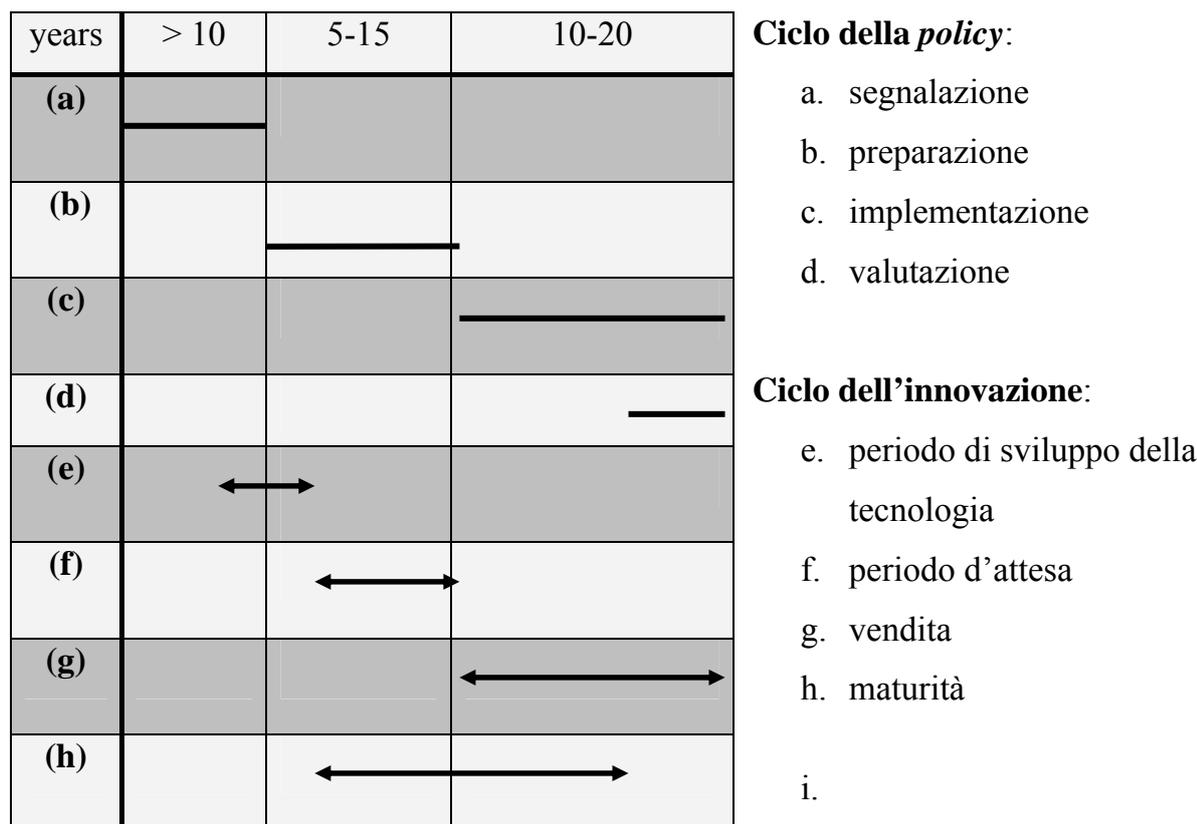
In conclusione quindi il ciclo della politica può arrivare anche a toccare i 25-30 anni prima dell'implementazione.

Di contro invece passiamo all'analisi del ciclo innovativo. Anch'esso si compone di quattro fasi: periodo di sviluppo della tecnologia, periodo di attesa, vendita e maturità. Il periodo di **sviluppo della tecnologia** rappresenta appunto la prima fase in cui il ricercatore-innovatore percepisce la necessità di creazione di nuove tecnologie atte al miglioramento ambientale. Sa che per avere successo deve essere in grado di influenzare la scelta dei *policy maker* in modo da trarre vantaggio poi dalla vendita della tecnologia. Perciò questa fase inizia non appena i segnali di degrado ambientale si fanno più sentiti, ma termina dopo che la fase di preparazione della politica è già iniziata. Successivamente si sviluppa il periodo di **attesa**, in cui cioè si attende che le decisioni prese vengano implementate dalla politica. Si arriva poi al periodo di **vendita** della tecnologia. Infine il periodo di **maturità** che indica il tempo che trascorre dallo sviluppo della tecnologia alla sua vendita, cioè dalla conclusione dell'attività di ricerca al ritorno degli investimenti che si sono effettuati per realizzarla. Una più chiara illustrazione di questi cicli può essere fornita dalla figura 2.5

Secondo Krozer e Nantjes quindi, i ricercatori-innovatori si orientano verso lo sviluppo di nuove tecnologie poiché sperano poi che i *policy makers* le adottino come base per la restrizione di emissioni inquinanti. Nel periodo di preparazione della politica da attuare, il ricercatore-innovatore deve dimostrare la nuova tecnologia all'amministrazione, ma poi attende diversi anni affinché venga approvata la politica, inizi l'implementazione della tecnologia e quindi la vendita. Questo allunga enormemente la situazione di incertezza ed i periodi di attesa degli innovatori che si trovano a dover affrontare un enorme lasso di tempo durante il quale non vedono il ritorno degli ingenti investimenti effettuati. Tutto ciò minaccia la redditività dell'attività di ricerca.

Gli autori effettuano una simulazione, da cui sembra derivare che lo strumento dei sussidi possa essere una soluzione per restaurare la redditività dell'attività di ricerca, anche se la migliore soluzione risulta quella di rendere il più ristretti possibili i periodi di preparazione della politica, rendendo chiare e trasparenti le decisioni, nonché rafforzando l'implementazione della nuova tecnologia⁴¹. Quindi gli strumenti economici forniscono forti incentivi all'innovazione e permettono di superare le problematiche generate non solo dall'allungarsi dei tempi ma anche dalla non conciliazione dei cicli precedentemente illustrati. Secondo gli autori quindi è da supportare la visione secondo cui gli strumenti economici spronano maggiormente l'attività innovativa.

Figura 2.5: Cicli della politica e dell'innovazione a confronto



Fonte: Elaborazione figura Krozer e Nentjes (2005), p. 3.

⁴¹ In realtà in riguardo a questo argomento Ashford *et al.* (1985) fanno notare come spesso l'innovazione possa anche trarre beneficio dall'incertezza sulle normative, dato che troppa certezza sembra stimolare solo le tecnologie che rispettano le leggi.

2.3 Gestione ambientale di impresa: i *drivers* endogeni dell'innovazione

Al *Business Council for Sustainable Development* è stata introdotta l'espressione che al meglio rappresenta l'idea di sviluppo sostenibile per lo sviluppo industriale e cioè "eco-efficienza" nell'utilizzo di risorse.

La verifica di eco-efficienza delle imprese si sta velocemente diffondendo tra quelle che volontariamente si sottopongono a certificazione ambientali dei siti e dei processi produttivi⁴² (controllo di gestione con *audit* ambientale) o chiedono la certificazione ecologica dei loro prodotti (ecolabel)⁴³.

Tutto ciò è anche possibile grazie alle recenti norme di carattere volontario, quali sono le disposizioni internazionali (ISO 14000) ed europee (EMAS) in materia di Sistemi di Gestione Ambientale (SGA). Tale sistema viene definito come "Quella parte del sistema di gestione complessivo che comprende la struttura organizzativa, la responsabilità, le prassi, le procedure, i processi e le risorse per sviluppare, mettere in atto, realizzare, riesaminare e mantenere la politica ambientale"⁴⁴. I SGA rappresentano quindi degli specifici strumenti di politica ambientale di tipo negoziale ed ad adesione volontaria, poiché si basano proprio sulla volontà dell'impresa di ridurre sempre di più l'impatto dei propri processi produttivi, o di funzionamento, sulle risorse ambientali, nonché di diminuire gli sprechi.

A livello legislativo i due documenti fondamentali per l'implementazione di un SGA sono:

- Regolamento (CE) n. 761/2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 marzo 2001 sull'adesione volontaria delle organizzazioni a un *Environmental Management and Audit Scheme* (EMAS), cioè un sistema comunitario di eco-gestione ed *audit*;

⁴² I rapporti ambientali sono documenti informativi che indicano il miglioramento fatto dall'impresa nella riduzione dell'impatto ambientale.

⁴³ L'etichetta ecologica ecolabel attesta che un prodotto è frutto di un processo produttivo che rispetta la normativa ambientale e che nel suo intero ciclo di vita (dall'uso allo smaltimento) produce un basso impatto ambientale.

⁴⁴ Articolo 2 del Regolamento CE 761/2001.

- Norma UNI EN ISO 14001 (*Environmental Management System*, EMS), che specifica i requisiti a cui l'impresa deve rispondere perchè si consideri formulata una politica ambientale.

L'applicazione di un Sistema di Gestione Ambientale può essere quindi utilizzato come elemento differenziante rispetto ad altre realtà simili, che permette di creare un valore aggiunto migliorando, così, in maniera progressiva, l'immagine dell'impresa agli occhi dell'opinione pubblica. La cosiddetta eco-compatibilità si collega quindi ad un certo numero di vantaggi concreti quali minori consumi di risorse, minori costi legati agli incidenti ambientali ed alle sanzioni, miglioramento dei rapporti con gli *stakeholders*. Con l'evoluzione degli strumenti di *audit* quindi si è passati da un approccio essenzialmente di rispetto delle normative ambientali, ad orientamento basato sulla ricerca di efficienza ed efficacia ecologia.

Diversi studi si sono concentrati sulla valutazione del rapporto che lega strumenti di *audit* ed abbattimento delle emissioni inquinanti.

Frondel et al. (2004), utilizzano dati OECD in riferimento ad imprese tedesche dell'industria manifatturiera per valutare se gli *Environmental Auditing Schemes* risultano correlati all'abbattimento dell'inquinamento. Il risultato principale è che l'adozione di EMS da parte delle imprese analizzate viene spronato dal miglioramento dell'immagine aziendale, mentre le politiche non sembrano essere influenti in questo senso. Addirittura politiche più rigide sembrano portare un abbattimento dell'adozione di EMS e questo è un risultato abbastanza sorprendente.

Rehfeld, Rennings, Ziegler (2004) effettuano uno studio su imprese tedesche del settore manifatturiero, da cui risulta che le certificazioni EMAS ed ISO 14000 hanno un effetto significativo positivo sull'innovazione ambientale di prodotto.

Un altro studio riferito alla Germania è quello di Rennings et al. (2003) che analizza l'influenza della "maturità"⁴⁵ degli EMAS sugli indici di innovazione ambientale di processo, di prodotto o organizzativa. Risulta che gli EMAS hanno effetti positivi su tutti e tre i tipi di innovazione ambientale, inoltre le imprese che sono giunte ad un maggiore successo nell'applicazione degli EMAS mostrano anche migliori risultati

⁴⁵ Dipende dall'età dell'EMAS, da quando è stato risottoposto a verifica e convalidato e da altri elementi.

nelle *performance* economiche. In realtà questo studio sembra mostrare una debolezza rappresentata dal fatto che imprese che non adottano EMAS non sono state incluse nel campione.

Henriques e Sadorsky (2005), effettuano un'analisi per valutare se l'adozione di EMS o TQM può determinare lo sviluppo di tecnologie più pulite. Lo studio viene effettuato sulle strutture manifatturiere canadesi e rileva che l'impiego di EMS diminuisce la probabilità di implementazione, da parte delle strutture, di tecnologie ambientali orientate a trasformare il processo produttivo (*clean technologies*). L'adozione invece di tecniche TQM aumenta la probabilità di adozione negli impianti di tecnologie pulite. D'altro canto gli autori rilevano che la pressione amministrativa non ha alcun impatto sul processo di innovazione tecnologica, mentre la sollecitazione di *stakeholders* esterni aumenta la probabilità che processi innovativi vengano attuati. A questo proposito occorre ricordare che la maggior parte degli investimenti in tecnologie *end of pipe* richiedono investimenti sostanziali, che però non hanno un ritorno e quindi impattano fortemente sulla produttività aziendale. È perciò normale considerare che gli *stakeholders* preferiscano l'introduzione di tecnologie pulite, che sono anche quelle che permettono di controllare alla base il problema di abbattimento delle emissioni inquinanti.

2.4 Innovazione e produttività del lavoro

Le nuove tecnologie adottate da parte delle imprese per rispondere alle necessità innovative nel rispetto dell'ambiente, richiedono spesso mutamenti nelle competenze della forza lavoro. L'introduzione di nuove tecniche infatti spesso richiede forza lavoro più specializzata, capace di confrontarsi con le nuove implementazioni, anche se per distinguere più propriamente gli effetti che l'innovazione produce sul lavoro occorre innanzitutto porre delle distinzioni tra le varie trasformazioni tecnologiche effettuate dalle imprese.

L'innovazione di prodotto può avere un impatto positivo sull'occupazione, grazie alla sua capacità di generare nuova domanda. Invece produce effetti negativi generati in modo indiretto, quando ad esempio diminuiscono le vendite di altri prodotti o se si assiste ad un aumento dei prezzi dovuto all'introduzione del nuovo prodotto.

L'innovazione di processo invece può portare ad un aumento della produttività dell'impresa, ma produrre un effetto negativo sul fattore lavoro, che può essere controbilanciato nel caso ad esempio si assista ad un aumento delle vendite, grazie alla diminuzione dei prezzi di vendita generati dal maggior risparmio in fattori produttivi grazie all'introduzione dell'innovazione.

Secondo quanto affermato da Ritt (1999), una diminuzione degli input immessi nel processo produttivo, generata dal miglioramento dell'efficienza ambientale, richiede una maggiore quantità di forza lavoro, per cui genera un effetto positivo sul livello di occupazione. Visioni contrastanti invece considerano le osservazioni di quanto accaduto negli ultimi decenni, in cui il processo tecnologico ha migliorato la produttività sia dell'energia che della produttività del lavoro, generando una diminuzione della forza lavoro impiegata nei processi produttivi.

Esistono tutta una serie di fattori che bisognerebbe considerare quando si valuta l'effetto dell'innovazione sull'occupazione, come di che tipo di innovazione ambientale si tratta, gli obiettivi che si propone di raggiungere, la dimensione innovativa, ma anche la competitività dell'ambiente in cui l'impresa opera e ancora gli effetti prodotti dalla domanda, dalla regolamentazione e dalla dimensione dell'impresa e del settore in cui opera.

Richiamando quanto affermato dall'OECD Oslo Manual (OECD, 1997), si può distinguere in innovazione ambientale tecnica ed organizzativa⁴⁶. La prima viene a sua volta suddivisa in innovazione integrata (a cui si riconduce l'innovazione di prodotto, i servizi innovativi ed i processi integrati di innovazione) e di tipo *end of pipe*⁴⁷. Per evitare confusioni si è soliti trattare la tecnologia legata all'attività di riciclaggio separatamente dalle altre innovazioni, questo sia a causa della crescente importanza di cui si sta investendo negli ultimi tempi, ma anche per la difficoltà di certe imprese di considerarlo una tecnologia innovativa di processo.

Inoltre si teme che l'aumento delle tecnologie di tipo integrato possano determinare una perdita in termini di posti di lavoro. In realtà questa introduzione può generare

⁴⁶ Si veda anche paragrafo 2.1.

⁴⁷ Non possono essere propriamente distinte nelle tre categorie individuate precedentemente, in quanto solo il processo di riciclaggio esterno viene solitamente visto come tecnologia *end of pipe*, mentre quello che viene compiuto all'interno dell'impresa solitamente è di difficile classificazione nella categoria innovativa.

tutta una serie di effetti sia a favore che contro l'occupazione; una visione riassuntiva può essere fornita dalla tabella 2.1.

Se conseguentemente all'innovazione tecnologica, la produttività del lavoro aumenta, saranno necessarie meno unità del fattore lavoro per produrre pari quantità di output⁴⁸. Questo genera a sua volta una diminuzione dei costi di produzione che può riflettersi in una diminuzione dei prezzi di vendita o in un aumento dei profitti dell'impresa. La conseguenza sarà rappresentata da un incremento del reddito e della domanda di mercato. Questo effetto indiretto di processo potrà compensare la possibile diminuzione della domanda di lavoro generata dall'introduzione di nuove tecnologie.

Tabella 2.1: Effetti diretti ed indiretti sul livello di occupazione

Types of integrated measures	Direct employment effects	Indirect employment effects
Primary measures (integrated environmental technology in a narrower sense)	a) Process Innovation: Tendency negative, substitution effect of technical progress b) Product Innovation: Tendency positive	a) Process Innovation: Tendency positive with process innovations (compensatory effect) b) Product Innovation: unknown, dependent i.a. on the degree of complementarity of old and new products
Secondary measures (primary and secondary recycling)	Tendency positive , additional employment by closing material loops	Tendency negative in case of a nationally restricted action if production increases in cost Tendency positive , if integrated technology can be established in international markets
Organizational measures (e.g. ecoaudits)	Tendency positive because of additional value-creation processes	Tendency negative in case of a nationally restricted action due to increases in cost Tendency positive , if integrated measures can be established in international markets

Fonte: Pfeiffer e Rennings (2001)

Per quanto concerne l'innovazione di prodotto, l'effetto diretto avrà segno positivo se il nuovo prodotto trova una buona risposta dal mercato, se viene accettato dai

⁴⁸ Questo a causa degli effetti diretti e di sostituzione generati dal progresso tecnologico.

consumatori. Questo genera un aumento della domanda determinando la positività dell'effetto. Si possono presentare però anche effetti indiretti, ad esempio nelle imprese multiprodotto. Gli effetti sul lavoro dell'introduzione di un nuovo prodotto saranno positivi se questo non si sostituisce a nessun'altra linea produttiva, oppure se la domanda del nuovo prodotto è complementare a quella del bene già in commercio.

La letteratura è abbastanza unanime nel considerare che l'innovazione di prodotto ed i servizi inducano un impatto positivo sull'occupazione, mentre l'integrazione di processi innovativi e la logistica generano su di essa effetti diretti negativi. Inoltre un processo di innovazione ambientale non necessariamente provoca un aumento della produttività aziendale, ma può anche portarne una diminuzione, nel caso ad esempio in cui non venga introdotta per ridurre i costi di produzione o aumentare le vendite, bensì per affrontare costi di adeguamento alla regolamentazione. Questo richiederebbe una maggiore quantità di fattore lavoro per unità di output.

L'innovazione poi necessita spesso attività formative nei confronti dei propri dipendenti. Gli effetti prodotti dall'introduzione di una nuova tecnologia sul lavoro, dipenderanno in buona parte anche dalle caratteristiche di quest'ultimo. Distinguiamo i lavoratori in *less skilled* ed *highly skilled*. Gli effetti prodotti potranno essere diversi a seconda della categoria considerata. Solitamente sono i dipendenti più abili e versatili ad essere avvantaggiati in questi casi dall'introduzione di una tecnologia innovativa, quindi se l'innovazione di processo aumenta la produttività del lavoro della categoria *highly skill*, allora la domanda relativa di lavoratori qualificati aumenterà. La letteratura è conforme nel considerare che l'innovazione tecnologica produca un aumento dei lavoratori più qualificati. Inoltre i lavoratori più qualificati sembrano essere più propensi a rispondere in modo rapido ai cambiamenti del mercato, per cui si può assistere a cambiamenti occupazionali orientati verso i lavoratori maggiormente dotati di *skill*.

Quindi gli effetti guidati dall'innovazione di processo o di prodotto variano a seconda dell'elemento che prevale.

Quando si fa riferimento invece a passaggi da tecnologie additive verso tecnologie integrate, gli effetti prodotti sul fattore lavoro si fanno meno chiari. Le innovazioni ambientali sembrano avere impatti significativi sui cambiamenti occupazionali quando

non si tratta di innovazioni sostanziali e quando vengono guidate dalla regolazione. Le imprese che, conseguentemente all'innovazione, si attendono un aumento delle vendite di output, saranno anche più propense ad aumentare il proprio personale. Al contrario, com'è ovvio aspettarsi, le imprese che introducono l'innovazione per tagliare i costi e contenere le spese, si orienteranno verso un contenimento occupazionale.

Un effetto, a livello occupazionale, dell'innovazione può anche essere determinato dalla competitività dell'ambiente in cui l'impresa opera. Infatti le imprese mostrano comportamenti diversi in riguardo all'aspetto occupazionale a seconda della concorrenza che devono fronteggiare. Imprese che si misurano soprattutto sui prezzi o sulla qualità del prodotto possono infatti applicare scelte occupazionali diverse da quelle che invece competono soprattutto sull'immagine aziendale o sulla capacità innovativa dell'impresa.

Gli studi che si occupano di valutare l'impatto dei processi innovativi sulla dinamica occupazionale non sono molti. Tra i principali si ricordano Pfeiffer e Rennings (2001), Kosz (1997), Köppl e Pichl (1997) e Rennings, Ziegler e Zwick (2001). Tutti sono concordi nell'affermare che l'innovazione impatta in modo positivo, ma comunque molto basso sul livello occupazionale.

In particolar modo, Rennings, Ziegler e Zwick (2001) studiano un campione di imprese analizzando dati provenienti da IMPRESS (acronimo di *The Impact of Clean Production on Employment – A Study using Case Studies and Surveys*). I dati fanno riferimento a 1594 imprese appartenenti a cinque paesi europei⁴⁹, sottoposte a questionario telefonico nel 2000, nel quale si è richiesto se negli ultimi tre anni le imprese suddette avessero implementato almeno una tipologia eco-innovativa. Tra le imprese che hanno risposto positivamente a questa domanda, risulta che l'88% non ha modificato il proprio assetto occupazionale in seguito all'implementazione, il 9% afferma di aver aumentato il numero di lavoratori, mentre solo il 3% sostiene di aver proceduto ad una loro diminuzione. Dallo studio econometrico di questi dati, gli autori arrivano alla conclusione secondo la quale le imprese vengono influenzate da diversi

⁴⁹ In particolare 401 imprese tedesche, 384 italiane, 201 svizzere, 400 anglosassoni e 208 olandesi. L'intervista viene presentata ad un campione rappresentativo di piccole (da 50 a 199 addetti) e grandi imprese (con 200 o più lavoratori) appartenenti ad otto settori produttivi (riguardante il settore industriale, manifatturiero e dei servizi).

fattori quando decidono di variare il numero di occupati. Tra questi l'innovazione di prodotto e di processo sembrano influire in modo positivo sull'aumento della probabilità di nuove assunzioni. D'altro canto, le innovazioni del tipo *end of pipe* sembrano far aumentare la probabilità di una diminuzione della forza lavoro impiegata nell'impresa.

Pfeiffer e Renning (2001) studiano gli effetti dell'introduzione di nuove tecnologie sull'occupazione, analizzando le interviste effettuate ad alcune imprese tedesche. Viene chiesto alle imprese se l'introduzione di innovazione ambientale ha generato un aumento, una diminuzione oppure nessun effetto sul fattore lavoro. Ricavano che nel quasi 80% dei casi non si sono riscontrati effetti, mentre per il restante 20%, nella maggior parte dei casi si è assistito ad un aumento occupazionale⁵⁰. Gli autori effettuano poi una disamina distinguendo la forza lavoro in tre principali categorie a seconda del livello di qualifica presentato. Individuano tre gruppi: impiegati diplomati/laureati, impiegati qualificati e non qualificati. L'analisi dimostra che i maggiori aumenti di fronte all'innovazione si sono avuti per i dipendenti laureati o diplomati, che risultano anche essere coloro che soffrono meno nel caso di diminuzione di occupazione; questo a conferma della generale visione diffusa in letteratura. La percentuale in assenza di cambiamenti occupazionali a fronte della nuova tecnologia, è leggermente maggiore per i lavoratori non qualificati, mentre sono proprio costoro a pagare più cara la diminuzione di personale a fronte dell'innovazione. L'analisi inoltre evidenzia che sia la regolazione che gli strumenti di *audit* generano effetti positivi diretti sul livello occupazionale, ma eventuali effetti negativi possono essere comunque presenti e ciò dipende dal fatto che molti altri elementi devono essere valutati nello studio. Tutto sommato però la conclusione più rilevante mostra come strumenti di protezione ambientale integrati, non sembrano da soli riuscire a svolgere un ruolo significativo nel miglioramento dell'occupazione, ma debbano essere accompagnati da altri elementi in modo da incrementare il loro risultato.

⁵⁰ Per maggiori specificazioni si veda Pfeiffer e Renning (2001), p. 19-21.

CAPITOLO 3

LE EMISSIONI INQUINANTI

Passiamo a questo punto ad una veloce disamina degli inquinanti che saranno oggetto successivamente delle nostre analisi, evidenziando quale è stato il trend che questi hanno presentato nel periodo 1990-2001.⁵¹

Gli ultimi anni hanno visto una continua crescita delle emissioni inquinanti, nonostante l'impegno a livello internazionale da parte di molti stati sottoscrittori del protocollo di Kyoto di contenere entro certi limiti tali emissioni. In particolare l'Italia ha assistito dal 1990 al 2001 un incremento dei gas serra del 7%, mentre l'impegno nazionale prevedeva una diminuzione del 6,5% nel periodo 2008-2012. La maggior parte delle emissioni inquinanti sono rappresentate dalla CO₂⁵², ma nondimeno altre emissioni tra i gas serra, quali metano⁵³ e protossido di azoto, presentano dati allarmanti.

A livello settoriale si assiste ad un pesante impatto da parte del settore energetico, che ha subito un incremento delle emissioni prodotte di circa l'8% negli anni esaminati. Le maggiori emissioni da esso generate possono facilmente essere ricondotte ai principali gas serra: CO₂, CH₄ ed N₂O. Per quanto concerne invece i processi industriali, le emissioni hanno subito un aumento del 7,4% espresso in termini di CO₂. questa dinamica vede nel dettaglio una diminuzione delle emissioni di CO₂ del 7%, mentre il protossido d'azoto aumenta del 22%. Questi due inquinanti da soli rappresentano l'88% delle emissioni del settore.

Le emissioni in agricoltura sono invece sostanzialmente rimaste stabili: il loro totale è rappresentato da CH₄ (per il 43%) e N₂O (57%).

Un settore che merita particolare attenzione è quello della gestione dei rifiuti. Qui le principali emissioni sono rappresentate da CH₄ (ben l'85%), che hanno visto un

⁵¹ I dati in questione sono fonte APAT, per cui vengono anche inclusi nell'analisi i consumi privati, che invece non vengono considerati nelle matrici NAMEA, facenti riferimento ai soli comparti produttivi. Tuttavia tali dati sono stati inseriti poiché permettono comunque di considerare quali settori sono imputati alla produzione dei vari gas inquinanti e come il loro apporto sia andato modificandosi nel corso degli anni.

⁵² Hanno subito un aumento del 7,6% rispetto al 1990, passando da 428,2 a 460,8 Kt (Fonte dati APAT, 2003).

⁵³ Nonostante nel periodo considerato (1990-2001) abbia subito una diminuzione del 6%.

incremento dal 1990 al 2001 dell'1%. Il protossido d'azoto (9%), è aumentato invece del 6%, mentre l'anidride carbonica ha subito un decremento del 3%, arrivando ad un totale del 7% sulle intere emissioni settoriali.

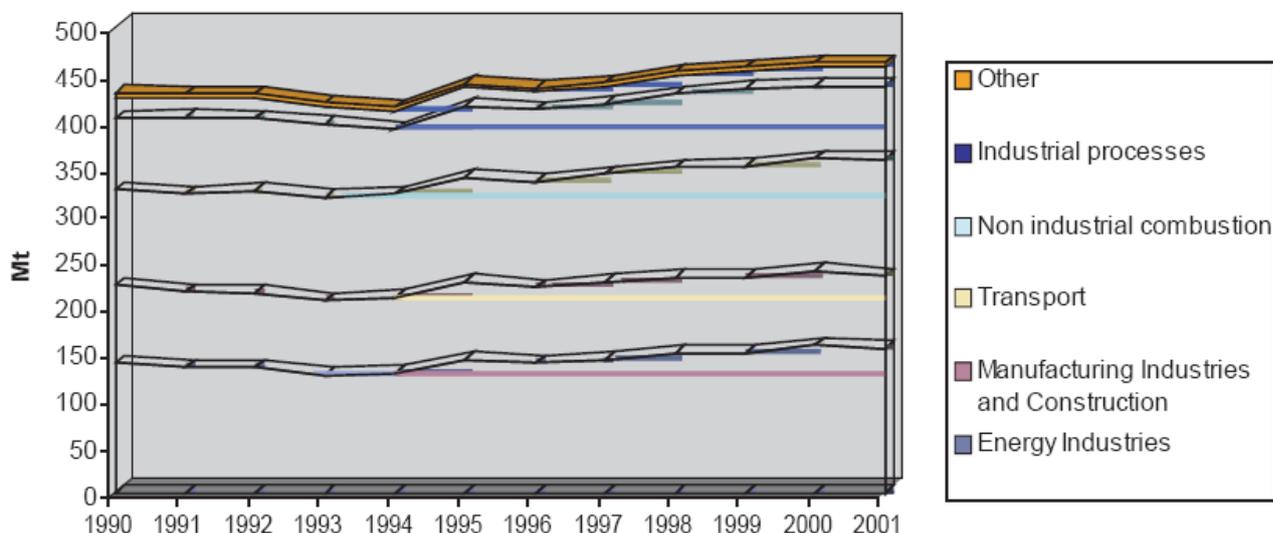
Per maggiore chiarezza nella trattazione proseguiremo illustrando l'andamento a seconda delle emissioni inquinanti.

Anidride carbonica (CO₂)

Abbiamo già illustrato come nel corso degli anni in esame le emissioni di CO₂ abbiano assistito ad un aumento del 7,6%. Tale dinamica viene guidata per il 34% dal settore energetico e dal 27% dai trasporti. All'industria manifatturiera e al settore delle costruzioni vengono imputate il 17% delle emissioni, mentre il restante deriva da altri processi industriali (5%), o da altri settori (1%).

Questa distinzione può apparire più chiaramente da quanto illustrato nella figura 3.1, dove appaiono le emissioni di CO₂, distinte per settori produttivi.

Figura 3.1: Emissioni di CO₂ per settore dal 1991 al 2001

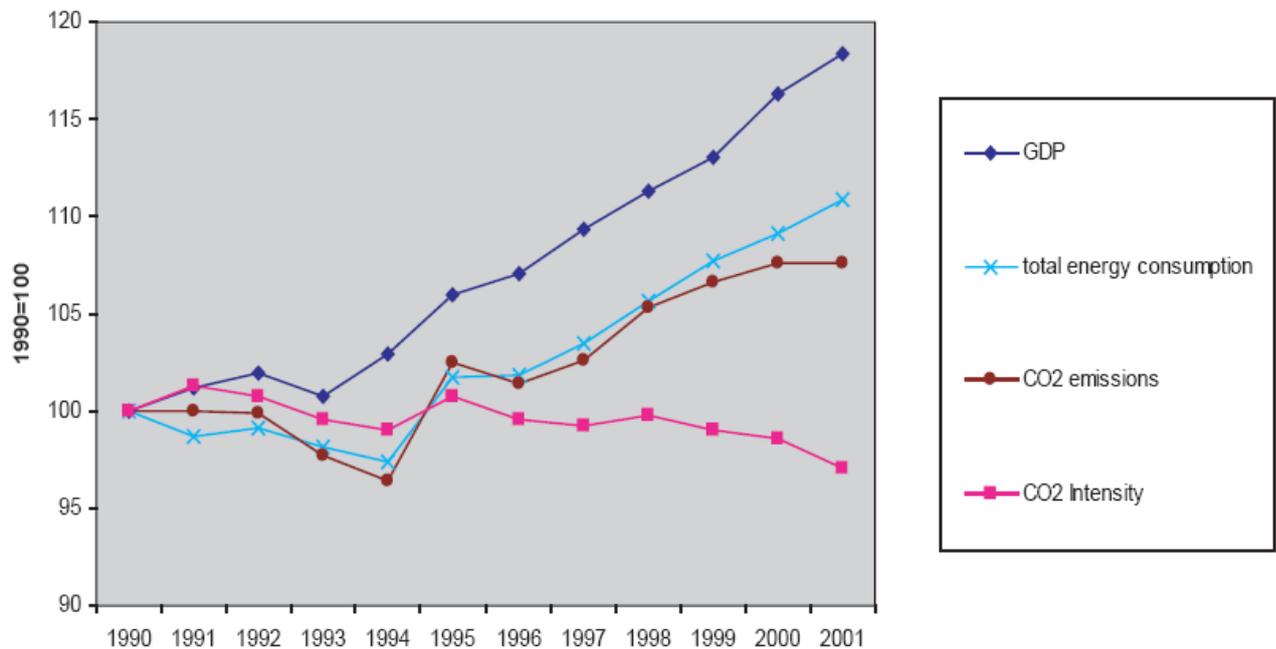


Fonte: APAT (2003)

Il grafico 3.2 permette invece di illustrare come le emissioni di CO₂ siano andate aumentando nel corso degli anni, ma in modo pressoché speculare rispetto ai consumi energetici. Questo è accaduto sino al 1999, anno in cui è iniziato un aumento del gap tra i due indicatori considerati, probabilmente in risposta alla più attenta politica

ambientale attuata nel tentativo di centrare gli obiettivi fissati dal protocollo di Kyoto del 1997.

Figura 3.2: Relazione tra emissioni di CO₂, consumi energetici e Pil nazionale



Fonte: *ibidem*

Metano (CH₄)

Nel 2001, le emissioni di metano rappresentano il 6,7% dei gas serra⁵⁴ presenti nella nostra atmosfera. Questo dato è da considerare in termini positivi, poiché dal 1990 si è assistito ad una diminuzione del 6%, equivalente a circa 2 Kt.

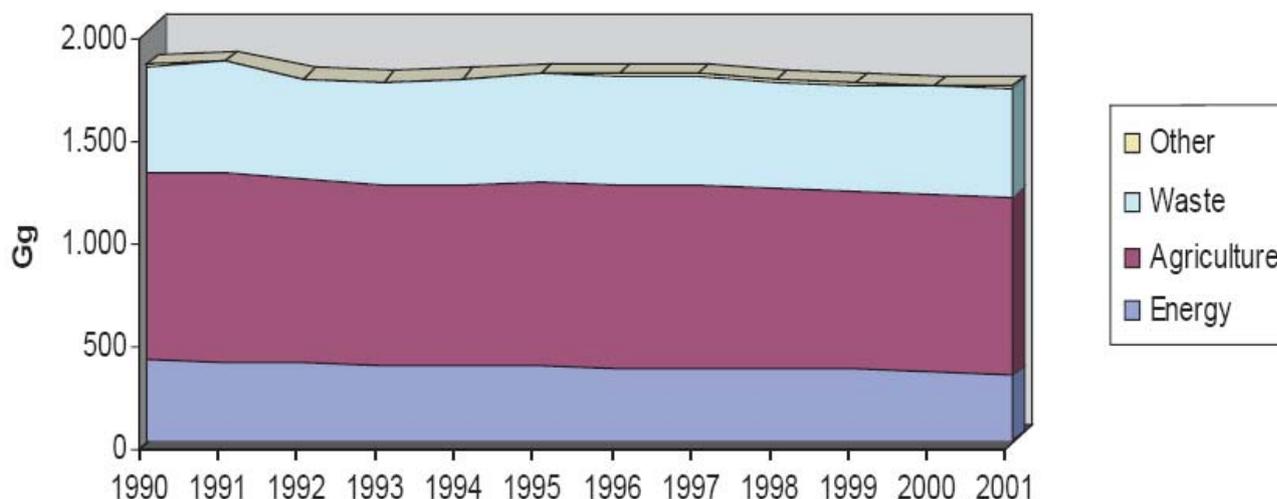
Le principali emissioni di gas metano derivano dall'agricoltura, mentre proviene dal settore della gestione dei rifiuti il 30,6% del totale. Il settore energetico invece produce il 18,9 % delle emissioni di CH₄. Soprattutto il settore dei rifiuti ha subito un aumento rispetto al 1990 (di circa l'1,2%) e questo può trovare una motivazione nel maggior numero di emissioni derivanti dal trattamento dei rifiuti industriali.

Dal punto di vista del settore energetico invece si rivela una diminuzione delle emissioni di gas metano (-18%), come risultato, da un lato dalla diminuzione delle emissioni derivanti dell'estrazione e sfruttamento di combustibili fossili, mentre

⁵⁴ Equivalenti a 36,4 Kt di CO₂.

dall'altro questo effetto positivo viene controbilanciato dall'incremento delle emissioni nel settore dei trasporti. A questo si deve poi aggiungere l'aumento dell'uso di gas metano come combustibile di riscaldamento delle case private.

Figura 3.3: Emissioni nazionali di CH₄ per settori, dal 1990 al 2001



Fonte: *ibiem*

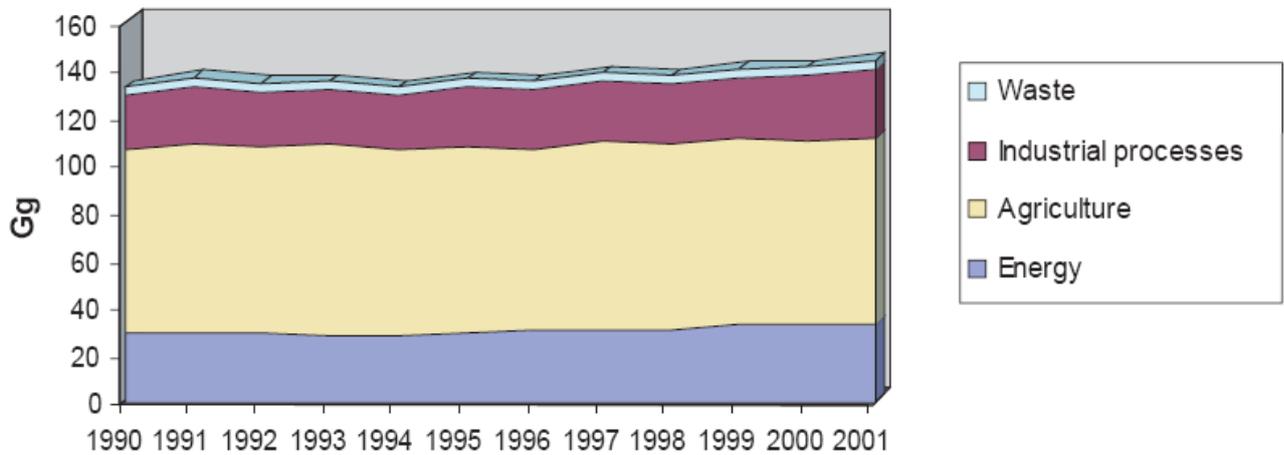
Protossido di azoto (N₂O)

Nel 2001 il protossido di azoto rappresenta l'8% del totale dei gas serra. Rispetto al 1990 questo ha subito un aumento dell'8,5%, passando da 40,9 a 44,3 Kt equivalenti di CO₂.

La principale fonti di emissioni di N₂O è il settore agricolo, che contribuisce per ben il 54,7% alle emissioni inquinanti, soprattutto a causa dell'utilizzo di fertilizzanti sia chimici che organici. Proviene invece dall'uso di energia il 23% del totale delle emissioni di protossido di azoto, con un aumento del 13% rispetto al 1990.

Ulteriore motivazione dell'aumento del totale di N₂O nel corso degli anni, va ricercato nei processi di smaltimento dei rifiuti e nel settore dei trasporti.

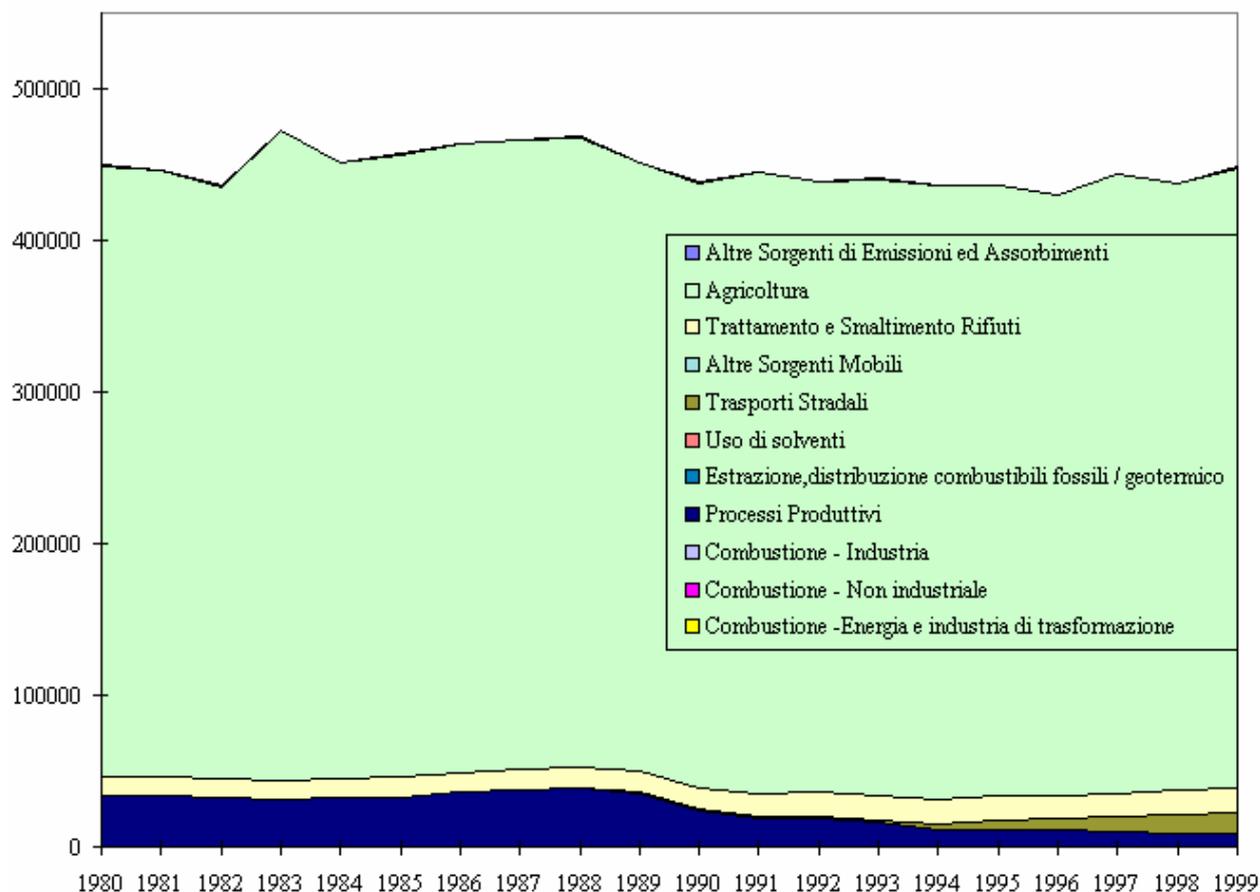
Il grafico della figura 3.4 mostra in modo più evidente quanto spiegato precedentemente.

Figura 3.4: Emissioni nazionali di N₂O per settori, dal 1991 al 2001

Fonte: *ibidem*.

Ammoniaca (NH₃)

L'ammoniaca deriva principalmente dalla degradazione della sostanza organica ed infatti le quantità prodotte dai cicli industriali sono molto inferiori a quelle dell'allevamento di animali. Questo può essere evidenziato dalla figura 3.5, in cui appare chiaramente come la principale fonte derivi dal settore agricolo, seguito dai processi produttivi, che stanno andando diminuendo nel corso degli anni. Pressoché costanti restano invece le emissioni che derivano dallo smaltimento dei rifiuti, mentre dal 1993 compaiono emissioni di NH₃ collegate al settore dei trasporti.

Figura 3.5: Emissioni di ammoniaca per macrosettore (Mg)

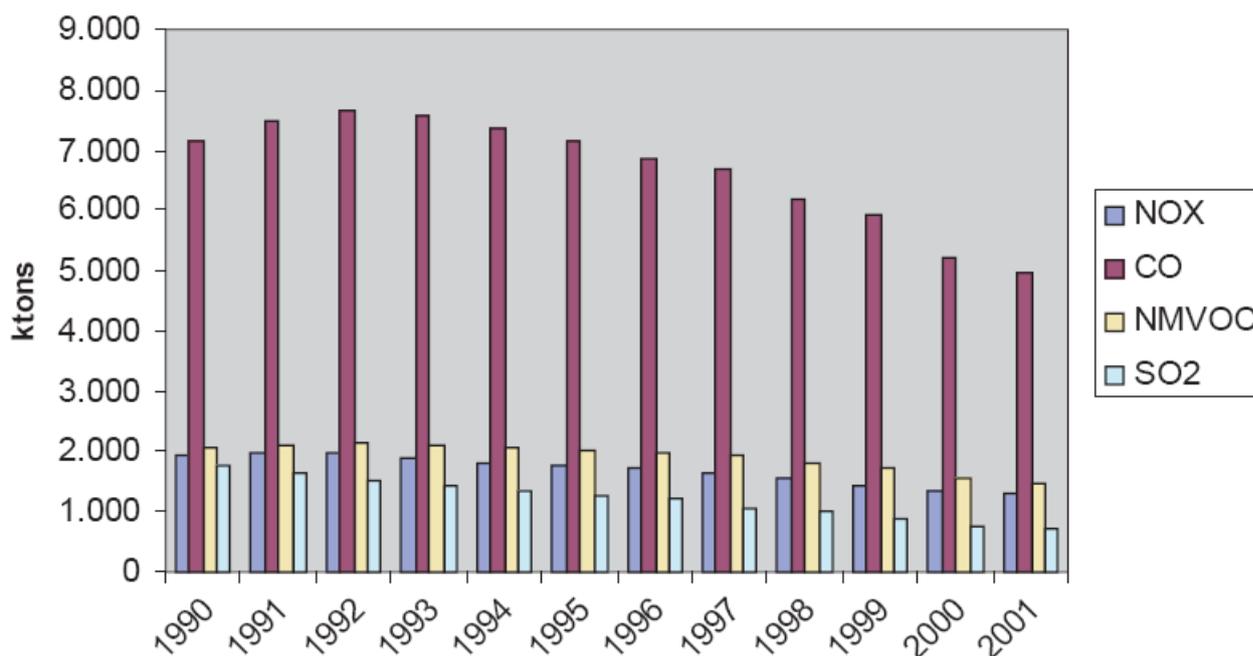
Fonte: Apat, serie storiche, www.SINAnet.apat.it.

Queste considerazioni riguardano i gas che appartengono alla cosiddetta categoria dei gas serra, ma il nostro studio si concentrerà anche su altre emissioni inquinanti che andremo di seguito ad illustrare e che, per le loro caratteristiche, vengono definiti come “gas serra indiretti”.

I gas serra “indiretti”

Tutti gli inquinanti NO_x , CO, NMVOC ed SO_2 ⁵⁵ hanno subito una diminuzione nell’arco temporale 1990-2001, si veda figura 3.6. In particolare la migliore dinamica si è manifestata per il biossido di zolfo (SO_2) che ha visto una diminuzione del 59%, mentre CO e NO_x sono calati di circa il 30% e NMVOC del 28%.

⁵⁵ Rappresenta il biossido di zolfo o anidride solforosa. Noi non tratteremo in particolare questo inquinante, ma gli ossidi di zolfo in generale (SO_x). Tuttavia, appartenendo anch’esso a questa famiglia, può fornirci indicazioni sul trend seguito negli ultimi anni.

Figura 3.6: Trend delle emissioni per i gas serra indiretti e SO₂

Fonte: APAT (2003).

Sicuramente buona parte della diminuzione per queste emissioni va imputata alle disposizioni della Direttiva CEE 75/716, modificata dalla Direttiva CEE/CEE/CE n. 219 del 30/03/1987, che prevedeva una armonizzazione ed un ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al tenore di zolfo di alcune categorie di combustibili liquidi.

Da questo punto di vista, la qualità dell'aria ha subito un notevole miglioramento negli anni '90 e tale progresso può trovare motivazione nel crescente impegno di utilizzo di impianti energetici meno inquinanti, come quelli basati sul consumo di gas naturali o su risorse energetiche rinnovabili. Sicuramente un forte impatto positivo è anche giocato dalla diminuzione dell'uso di alcuni inquinanti nel settore industriale⁵⁶, e molto, anche se non abbastanza, dal settore dei trasporti. Nonostante questi miglioramenti, molte aree continuano ad essere interessate da forti gradi di inquinamento, soprattutto quelle urbane.

⁵⁶ Tra cui SO_x, NO_x, CO₂ e VOCs generati da solventi e diossine, nonché di CO.

Gli ossidi di azoto (NO_x)

Gli ossidi di azoto (NO_x) più importanti dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono il monossido e il biossido di azoto (N_o e NO₂). Come appare dalla tabella sottostante (figura 3.7), gli ossidi di azoto hanno subito un calo nel corso degli anni esaminati, ma si è tuttavia ancora ben lontani dal tetto di 1000 Kt che non dovrà essere superato entro il 2010.

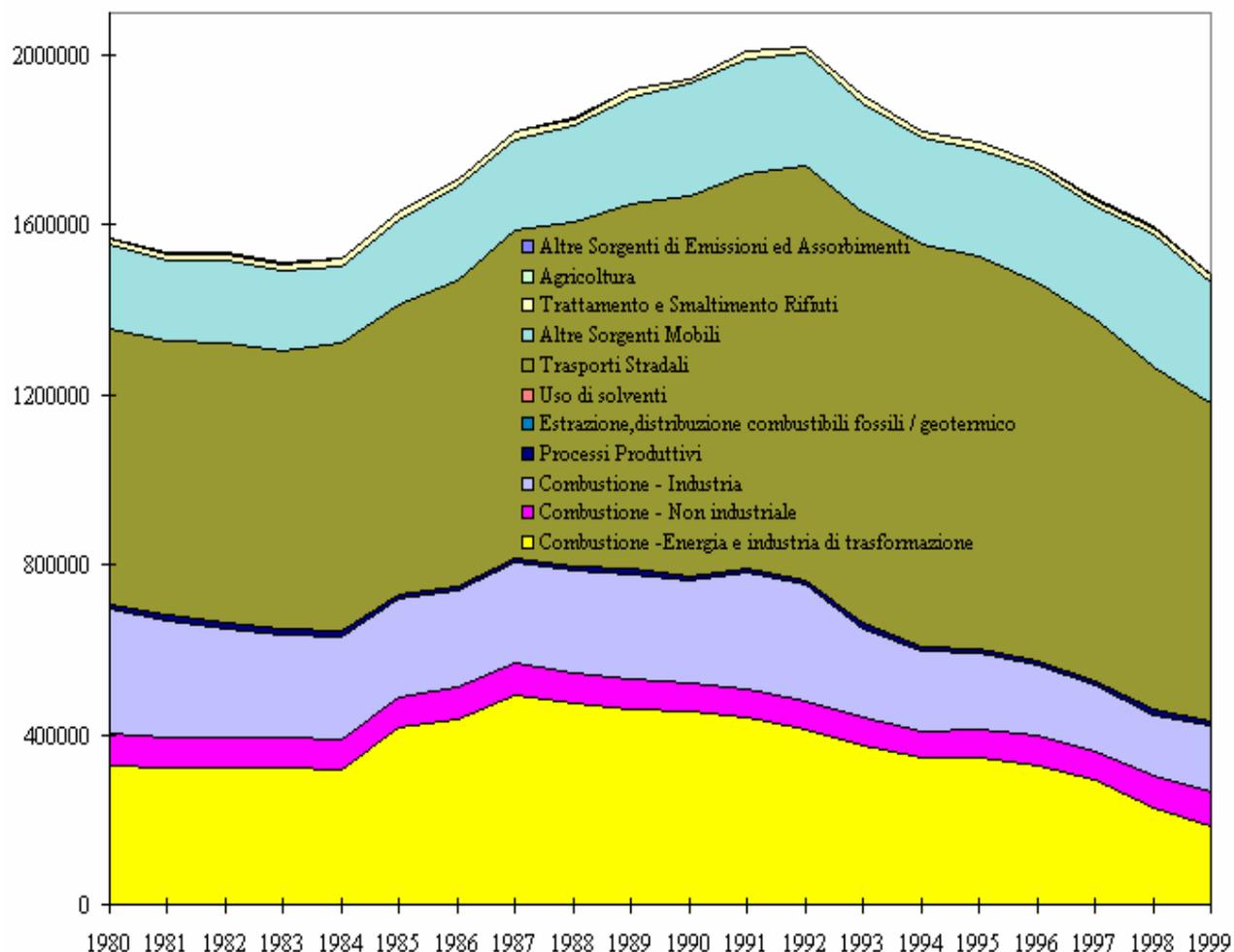
Il miglioramento si assiste solo dal momento in cui si percepisce la necessità di implementare forme di tecnologia più pulita, soprattutto nei settori industriali e di produzione di energia elettrica. Infatti dal 1986 al 1992, le emissioni crescono più rapidamente del consumo di fonti fossili anche a causa del lento rinnovo nel settore dei trasporti del parco veicolare.

Figura 3.7: Andamento di alcuni inquinanti negli anni 1990-2001

Indirect greenhouse gases and SO ₂	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Emissions in ktons												
NO _x	1.919	1.973	1.991	1.896	1.813	1.785	1.727	1.650	1.539	1.441	1.360	1.317
CO	7.146	7.492	7.653	7.552	7.362	7.140	6.844	6.696	6.173	5.914	5.221	4.965
NMVOC	2.041	2.109	2.157	2.109	2.055	2.034	1.988	1.920	1.815	1.722	1.557	1.467
SO ₂	1.748	1.635	1.533	1.414	1.332	1.263	1.203	1.063	1.002	893	752	709

Fonte: *ibidem*

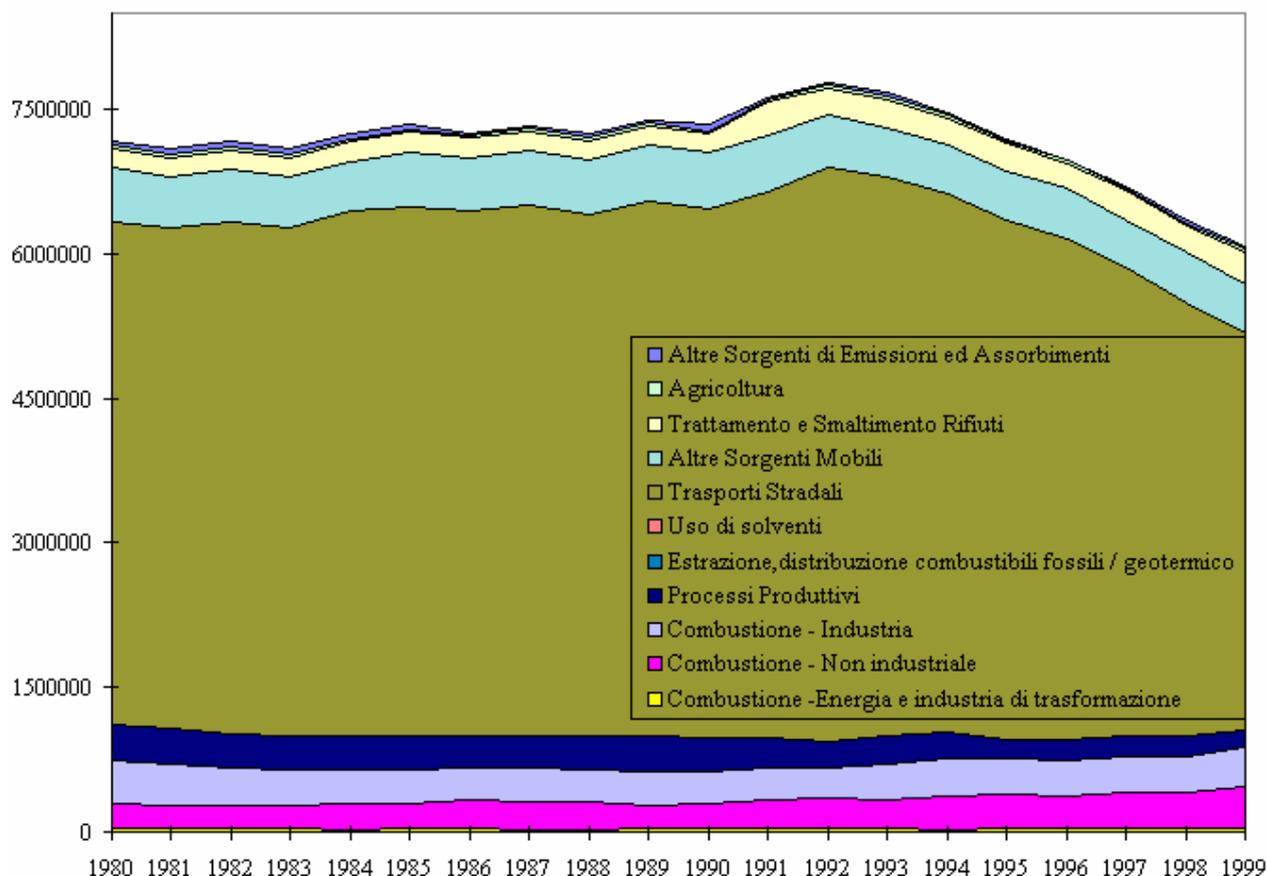
La presenza di NO_x nell'atmosfera va sostanzialmente ricondotta ai processi di combustione provenienti dai settori dei trasporti ed energetici, nonché dalla combustione dell'industria, come illustrato dalla figura 3.8. La combustione non industriale invece non risulta impattare moltissimo. Rispettivamente il contributo sul totale delle emissioni inquinanti di NO_x di trasporti, trasformazioni industriali e produzioni manifatturiere è del 67%, 12% e 10%.

Figura 3.8: Emissioni di ossidi di azoto per macrosettore (Mg)

Fonte: Apat, serie storiche, www.SINAnet.apat.it.

Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è un tipico inquinante delle aree urbane, poiché viene principalmente emesso dai gas di scarico degli autoveicoli, nonché dagli impianti di riscaldamento e dai processi industriali (come la raffinazione del petrolio, la produzione di acciaio e ghisa, l'industria del legno e della carta). Nel 1992 si assiste al picco massimo toccato dalle emissioni di CO del periodo considerato (si confronti la figura 3.7), con più di 8000 Kt l'anno. Dal 1993 si è iniziato ad assistere ad un suo leggero ma continuo calo, probabilmente dovuto all'introduzione e diffusione delle auto a marmitta catalitica.

Figura 3.9: Emissioni di monossido di carbonio per macrosettore (Mg)

Fonte: *ibidem*.

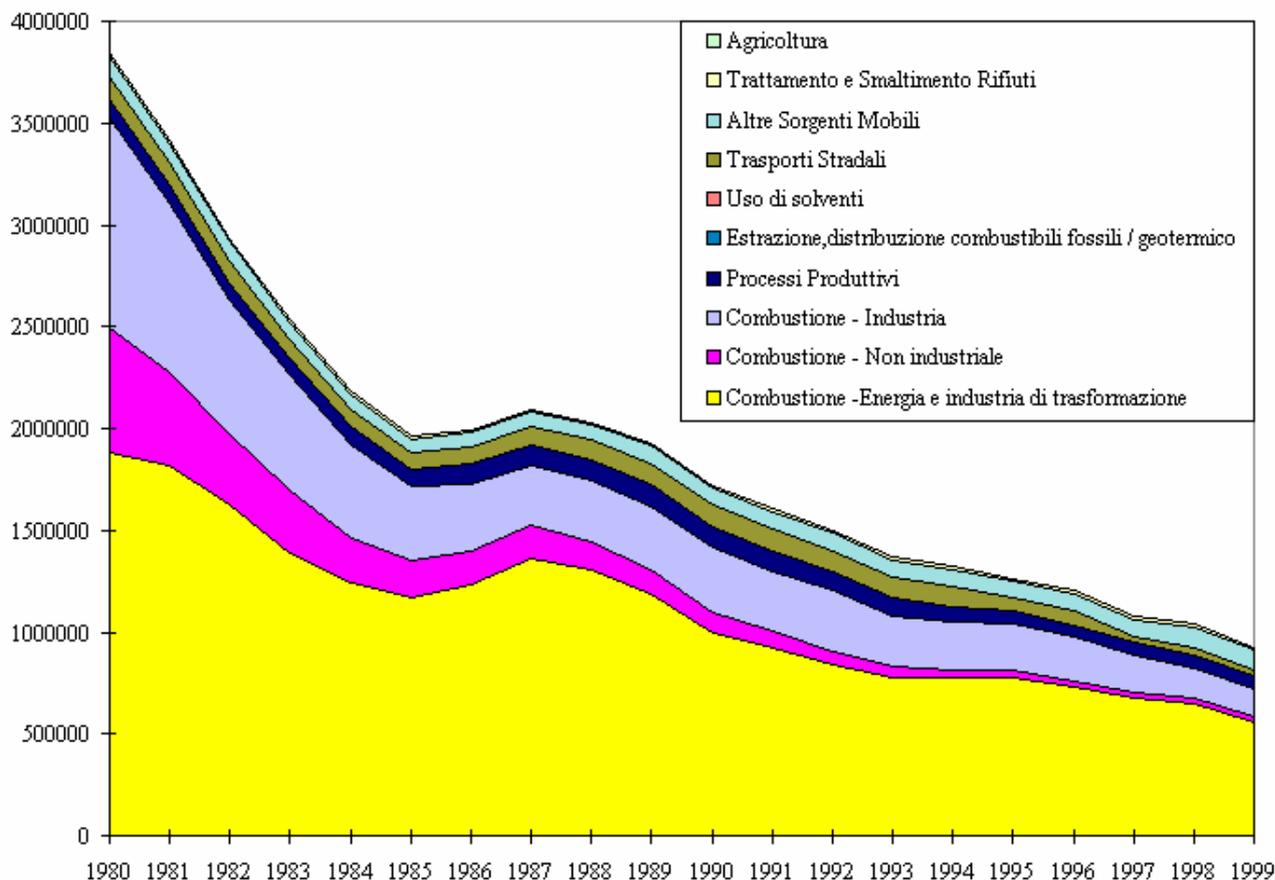
Ossidi di zolfo (SO_x)

A seguito di quanto stabilito dal Protocollo di Helsinki (1985)⁵⁷, si è assistito nel nostro paese al primo netto miglioramento nella presenza di SO_x nell'aria.

Le fonti principali di questo inquinante sono antropiche: centrali termoelettriche, impianti industriali (fonderie e raffinerie di petrolio), impianti di riscaldamento domestico non alimentati a gas naturale, traffico veicolare, in particolare diesel. Un riassunto dell'andamento di queste emissioni è rappresentato dalla figura 3.10.

Come mostra la figura si è assistito nel corso degli anni ad un forte calo di queste emissioni.

⁵⁷ Il Protocollo la diminuzione entro il 1993 del 30% delle emissioni italiane di zolfo, rispetto al 1980.

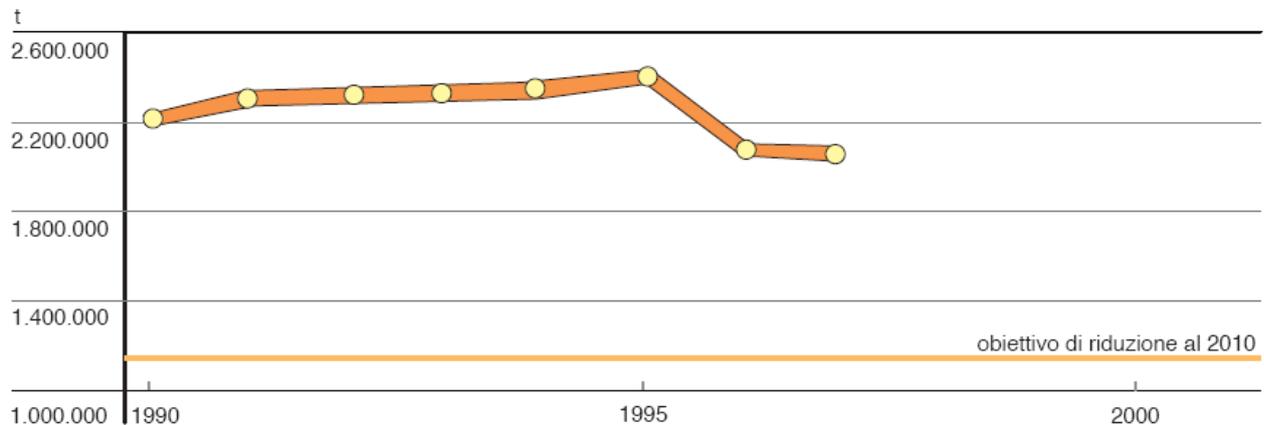
Figura 3.10: Emissioni di ossidi di zolfo per macrosettore (Mg)

Fonte: *ibidem*.

Composti organici volatili non metanici (NMVOC)

Queste emissioni sono una classe di composti organici molto vari che si originano dall'evaporazione dei carburanti durante le operazioni di rifornimento nelle stazioni di servizio (in questa classe di composti ritroviamo infatti anche il benzene), dai serbatoi e dagli stoccaggi, e dalle emissioni di prodotti incombusti dagli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. Fonti secondarie, ma non trascurabili, sono le emissioni di solventi da attività di sgrassaggio, lavaggio a secco e tinteggiatura.

Figura 3.11: Emissioni di composti organici volatili diversi dal metano (COVNM) in Italia (tonnellate), 1990-1997



Fonte: www.minambiente.it.

Nel corso degli anni si è assistito ad una loro diminuzione, come mostra la figura 3.11, ma entro il 2010 si dovrebbe raggiungere un calo fino a 1.159 Kt. L'obiettivo non sembra di facile raggiungimento, soprattutto considerando il peso dei trasporti sulle emissioni NMVOC.

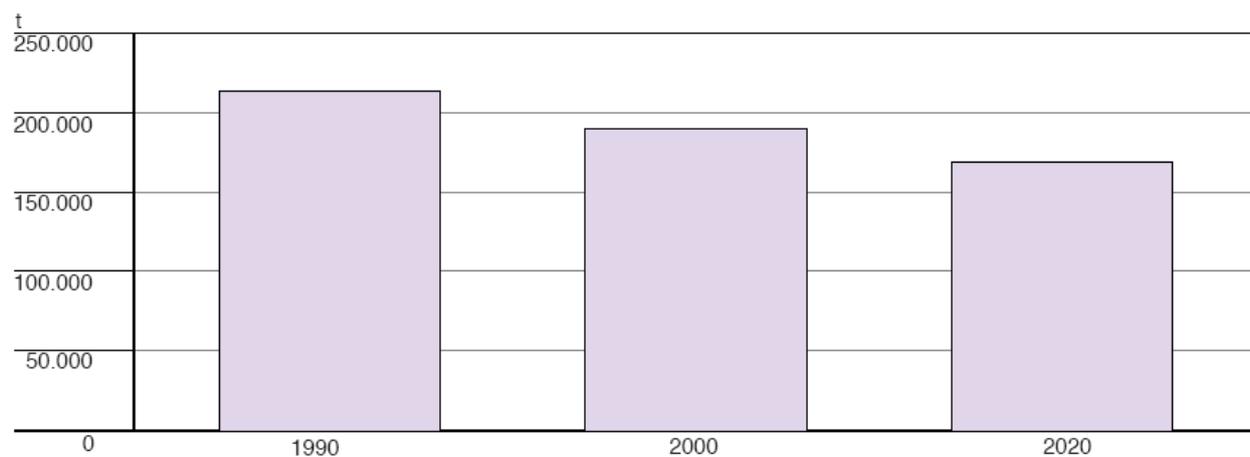
Polveri con diametro inferiore ai 10 μm (PM10)

Derivano principalmente dagli impianti termici, dai motori diesel e dal risollevarimento causato dallo sfregamento dei pneumatici sull'asfalto. Fanno parte degli inquinanti più critici ed i loro effetti negativi sulla salute umana sono scientificamente provati da numerosi studi. Le polveri aerosospese vengono differenziate misurandone la massa e queste rappresentano le particelle con diametro inferiore ai 10 μm . La figura 3.12 mostra le previsioni prospettiche di questo inquinante fino al 2020.

La figura prospetta un calo nelle emissioni di PM10 entro il 2020 a valori poco superiori alle 150 Kt.

Anche da tali andamenti prospettici emergono i miglioramenti in atto nel nostro paese nel tentativo di centrare gli obiettivi di *decoupling*, attraverso una diminuzione nell'uso di energia, degli inquinanti prodotti dai trasporti e dal settore industriale, ma anche grazie al recepimento delle direttive comunitarie in materia ambientale. Molti sforzi tuttavia devono ancora compiersi soprattutto nel settore dello smaltimento dei rifiuti e nel coordinamento proprio in tema di *decoupling* tra diversi livelli di governo.

Figura 3.12: Stima e proiezione delle emissioni di polveri sospese in Italia (tonnellate), 1990 - 2020



Fonte: www.minambiente.it

CAPITOLO 4

ANALISI ECONOMETRICHE

Ci occuperemo in questo capitolo di illustrare lo studio econometrico su dati NAMEA, per testare la presenza di una dinamica EKC per nove emissioni inquinanti. Cercheremo anche di valutare l'impatto che può avere su questa l'introduzione di una variabile di *trade openness*. Considereremo poi la presenza di evidenze EKC anche introducendo variabili di capitale pro capite.

4.2 Descrizione del dataset

La fonte dei dati è NAMEA, acronimo di *National Accounting Matrix including Environmental Accounts*, cioè matrice di conti economici nazionali integrata con conti ambientali. NAMEA rappresenta infatti un sistema contabile in cui i dati ambientali vengono perfezionati con altri di tipo economico, in modo da rendere confrontabili le attività economiche con quelle che impattano a livello ambientale. Questo è possibile grazie al raggruppamento in attività economiche conformi, che garantiscono la possibilità di avere grandezze socioeconomiche ed ambientali riferite alla stessa entità. Questa banca dati viene pubblicata da ISTAT, con riferimento al periodo 1990-2002.

I dati si riferiscono a nove tipi di emissioni inquinanti:

- Biossido di carbonio o anidride carbonica (CO₂);
- Protossido di azoto (N₂O);
- Metano (CH₄);
- Ammoniaca (NH₃);
- Ossidi di azoto (NO_x);
- Ossidi di zolfo (SO_x);
- Composti organici volatili non metanici (NMVOC);
- Monossido di carbonio (CO);

- Polveri con diametro inferiore ai 10 μm ⁵⁸ (PM₁₀).

I settori di riferimento fanno invece capo a 29 attività economiche (2 agricole, 18 del settore industriale e 9 di quello dei servizi), suddivise secondo la nomenclatura ATECO⁵⁹ (si veda in riferimento la tavola 3 dell'appendice).

A questi sono stati affiancati dati riguardanti il capitale netto in totale per branca proprietaria espresso a prezzi costanti, e gli investimenti lordi per ogni attività produttiva suddivisa come suddetto. Tali dati sono stati raccolti da tavole ISTAT.

Infine si è aggiunto un indicatore di *trade openness* utilizzando dati ConIstat⁶⁰.

L'obiettivo dello studio, partendo da questi dati, è quello di identificare una dinamica EKC per le emissioni suddette, nonché di valutare l'influenza della variabile di *trade openness* e di capitale netto pro capite.

Allo studio suddiviso per branche produttive affiancheremo poi l'analisi per settori: manifattura (D), industria (C-F) e servizi (G-O), per considerare le dinamiche settoriali nel complesso.

4.3 Ipotesi testate nel modello ed approccio metodologico

L'approccio metodologico sarà indirizzato non alla costruzione di un solo modello, ma di tre funzioni logaritmiche, a seconda che le variabili esplicative siano rappresentate dal valore aggiunto pro capite, dal capitale netto pro capite e dagli investimenti lordi pro capite.⁶¹ In questo senso una problematica da affrontare è la correlazione presente tra valore aggiunto e capitale ed investimenti.⁶² Perciò non sarà possibile specificare un solo modello ma occorrerà riferirsi a tre distinte funzioni.

Il primo modello seguirà la seguente specificazione:

$$\log(E/N) = \beta_{0i} + \alpha_t + \beta_1 \log(VA/N)_{it} + \beta_2 \log(VA/N)_{it}^2 + \beta_3 \log(VA/N)_{it}^3 + \beta_4 TO_{it} + \varepsilon_{it}$$

⁵⁸ Unità di misura indicante il millesimo di millimetro.

⁵⁹ Classificazione Istat delle attività economiche.

⁶⁰ ConIstat è una banca dati Istat contenente diverse serie storiche congiunturali.

⁶¹ In realtà il modello riguardante gli investimenti non viene evidenziato nella trattazione, poiché i risultati prodotti sono pressoché speculari a quelli del modello che presenta il capitale pro capite come esplicativa. Si è cercato così di evitare ridondanze di analisi. Tuttavia per qualsiasi approfondimento è possibile contattare l'autrice della tesi.

⁶² Si noti in riferimento la matrice di correlazione presentata nella tavola 4 dell'appendice.

In cui E/N sono le emissioni pro capite, β_{0i} ed α_i rappresentano le intercette che variano a seconda dei settori e degli anni considerati. VA/N rappresenta invece il valore aggiunto pro capite, ε rappresenta l'errore e TO è la nostra variabile di *trade openness*, costruita, seguendo quanto definito dalla letteratura, in questo modo:

$$TO = import. + esport./VA$$

Seguendo Cole (2003), la metodologia è quella di introdurre una variabile di *trade openness* nel modello di regressione stimato e di relazionarla con determinanti indicatrici dei vantaggi comparati di un paese, cioè il rapporto K/L ed il reddito relativo pro capite. Questi due valori possono infatti captare, da un lato, l'effetto di composizione che influenza la forma della curva EKC, attraverso l'analisi delle dotazioni dei paesi esaminati, ma anche, dall'altro il cosiddetto *pollution haven effect*. Un paese con basso (elevato) rapporti K/L può vedere le emissioni inquinanti diminuire (aumentare) in risposta alla liberalizzazione commerciale. Inoltre in un paese a basso (elevato) reddito pro capite, liberalizzazioni commerciali possono determinare aumenti (diminuzioni) dei livelli di inquinamento (questo per effetto della maggiore o minore regolamentazione). In particolare l'autore rileva che solo nel caso di SO_2 le fonti di vantaggi comparati influenzano nel modo previsto le emissioni inquinanti. Lo stesso non accade per gli altri due inquinanti esaminati (NO_x e CO_2).⁶³ Possiamo quindi prendere spunto da questo studio, non dimenticando però che il nostro modello non farà riferimento ad un'analisi di paesi, bensì ad un'analisi settoriale dell'economia italiana.

Di conseguenza, partendo dallo studio Mazzanti, Montini e Zoboli (2006), manterremo la variabile di produttività del fattore lavoro $(VA/N)^{64}$, ma introdurremo al loro modello le variabili di *trade openness* e di capitale.

⁶³ In particolare, per le emissioni di SO_2 la variabile di commercio risulta negativa, mentre la variabile di interazione che capta l'effetto di dotazione dei paesi è negativa, al contrario di quella che coglie il *pollution haven effect*, che invece risulta positiva. Il contrario accade per le emissioni di NO_x , in cui ancora la variabile di commercio è negativa, ma i termini di interazione presentano segni invertiti. Nel caso di CO_2 infine la variabile è positiva e quelle di interazione risultano speculari rispetto al caso precedente.

⁶⁴ Valore Aggiunto su N, in cui N rappresenta il numero di addetti del settore.

La specificazione scelta è quella logaritmica, per le proprietà che presenta. Infatti la trasformazione logaritmica converte le variazioni delle variabili in variazioni percentuali e quindi permette di fare riferimento alle elasticità delle emissioni pro capite rispetto a variazioni dei regressori del modello.

Per ogni combinazione di variabili verranno testate prima le forme lineari (corrispondenti al caso di normale *delinking*), poi le forme quadrate (per valutare l'evidenza di forme ad U rovesciata). Se quest'ultima risulta significativa verrà aggiunta alla stima la variabile di TO; al contrario tale variabile verrà inclusa al modello lineare se è quello l'unico a presentare valori significativi.

Il modello sarà quello panel, e ci affideremo al test di Hausman per scegliere tra modello a effetti fissi (FEM) o casuali (REM)⁶⁵. Il test confronta la pendenza stimata tra i parametri del modello FEM e di quello REM. Se la differenza tra i parametri è significativa, allora verrà scelto il modello ad effetti fissi, poiché significa che il regressore è correlato al termine di errore e di conseguenza il modello REM risulta inconsistente.

Per valutare se il commercio influenzi la dinamica EKC, abbiamo introdotto una variabile di apertura commerciale.

Dobbiamo poi formulare un'ulteriore regressione per valutare l'effetto del capitale.

$$\log(E/N) = \beta_{0i} + \alpha_i + \beta_1 \log(K/N)_{it} + \beta_2 \log(K/N)_{it}^2 + \beta_3 TO_{it} + \varepsilon_{it}$$

Dove β ed α sono le intercette, K/N rappresenta il capitale pro capite, TO è sempre la variabile da noi costruita ed ε il termine di errore.

La formulazione contiene il termine al quadrato del rapporto capitale lavoro, questo per permettere all'accumulazione di capitale di avere un effetto marginale decrescente.

Nell'analisi inizieremo con l'esaminare, per tutte le emissioni pro capite, la relazione

⁶⁵ Se degli elementi inosservabili sono indipendenti rispetto alla variabile esplicativa, lo stimatore del modello ad effetti casuali sarà efficiente e consistente, mentre quello del modello ad effetti fissi sarà consistente, ma non efficiente per le stime della nostra regressione. Al contrario se i fattori omessi sono correlati alla variabile esplicativa, gli stimatori ad effetti fissi saranno efficienti e consistenti, mentre quelli del modello REM saranno inconsistenti.

lineare e, se questa presenta una relazione significativa positiva, procederemo col testare la forma ad U rovesciata, riferita alla dinamica EKC.

Infine, come ultima analisi, prendendo sempre spunto da Mazzanti e Zoboli (2006), cercheremo di studiare la relazione tra efficienza ambientale, intesa come una sorta di produttività inversa ambientale, e produttività del lavoro. In questo caso ci limiteremo a valutare il modello lineare per verificare o meno l'esistenza di un *trade off* tra le due produttività, nonché di studiare quello che accade nel modello con variabile esplicativa K/N. I modelli esaminati saranno:

$$\log(E / VA) = \beta_{0i} + \alpha_t + \beta_1 \log(VA / N)_{it} + \beta_2 TO_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$\log(E / VA) = \beta_{0i} + \alpha_t + \beta_1 \log(K / N)_{it} + \beta_2 TO_{it} + \varepsilon_{it}$$

Se il regressore della variabile esplicativa presenta infatti segno positivo, implica l'esistenza di un *trade off* tra produttività del lavoro (nel primo modello) ed efficienza ambientale oppure, nel secondo modello, di quest'ultima con il capitale pro capite.

4.4 Presenza di dinamiche alla Kuznets

4.4.1 I principali gas serra

La specificazione logaritmica per valutare la presenza di una dinamica EKC conduce a risultati significativi per quasi tutti gli inquinanti esaminati.

In particolare tutti i quattro principali gas serra introdotti nell'analisi (CO₂, N₂O, CH₄, NH₃) evidenziano la tipica forma ad U rovesciata, mentre la dinamica ad N appare significativa solo per le emissioni di NH₃. La scelta del test di Hausman ricade sui modelli ad effetti casuali (REM⁶⁶), per quanto concerne CO₂ ed N₂O, nonostante la differenza tra modelli ad effetti temporali ed ad effetti fissi (FEM)⁶⁷ non risulti molto elevata. Invece per CH₄ ed NH₃, la scelta ricade su modelli FEM.

A questo punto possiamo procedere inserendo nel modello la variabile di *Trade Openness* (TO) per valutare se ed in che modo impatta sulla dinamica EKC.

⁶⁶ *Random Effects Model.*

⁶⁷ *Fixed Effects Model.*

Per il primo gruppo di inquinanti (CO_2 , N_2O , CH_4 , NH_3) rileviamo una certa disomogeneità: risultati significativi si manifestano solo per CO_2 , in cui la variabile di TO è associata ad un segno positivo ed ad un modello REM. L'impatto dell'introduzione di TO al modello sembra essere abbastanza consistente, dato che i parametri della regressione subiscono un cambiamento anche se non molto marcato. In particolare le elasticità diminuiscono rispetto al caso in cui TO non sia presente.

Per N_2O ed NH_3 il modello è significativo solo nella sua specificazione lineare (con REM per il primo e FEM per il secondo) ed anche in questo caso TO ha segno positivo, tuttavia ancora la variabile non sembra impattare molto sul modello.

Si ha invece totale assenza di significatività della variabile per CH_4 .

Spostando invece l'analisi dal punto di vista del capitale netto pro capite, il modello appare rilevante solo nella forma lineare sia per CO_2 che per N_2O , con elevati gradi di significatività (1%). In entrambi i casi il test di Hausman predilige il modello REM. Per CH_4 ed NH_3 invece, anche la forma a campana risulta significativa (FEM).

Per CO_2 ed N_2O il modello risulta significativo (all'1%) anche dopo l'introduzione di TO, ma ricordiamo comunque che per suddetti inquinanti la specificazione che risulta dall'analisi è quella lineare. La variabile è associata a segno positivo, anche se l'elasticità non è molto elevata (0,04).

Per NH_3 invece la specificazione appare significativa nella sua forma quadrata, con TO positivo ed elasticità poco elevata (0,55), mentre per CH_4 i risultati non appaiono rilevanti.

4.4.2 Altri inquinanti

Spostandoci verso gli inquinanti serra definiti "indiretti", gli ossidi di azoto presentano una forma a campana, ma nel modello di specificazione (REM) la costante non risulta significativa, mentre la specificazione ad N permette di scegliere il modello FEM, che si presenta estremamente significativo (90%).

Anche per gli ossidi di zolfo può essere valutata una forma ad N, ma con *standard errors* abbastanza elevati. In questo caso la specificazione al quadrato appare significativa, ma non nella forma a campana, poiché il primo parametro presenta un'elasticità negativa, tra l'altro molto elevata (-13,1458).

Per entrambi gli inquinanti (NO_x e SO_x), la forma ad N predilige comunque il modello FEM.

Per PM_{10} si presenta ancora una forma ad U rovesciata, con elevati gradi di significatività e scegliendo il modello REM, mentre gli altri due inquinanti esaminati sembrano presentare alcuni problemi. NMVOC mostra una curva ad U rovesciata, ma con valori significativi solo al 5%, mentre la dinamica ad N non risulta significativa per questo inquinante. Invece per CO nessuna specificazione risulta mai significativa.

Nel caso di NO_x l'introduzione di TO fa ricadere la scelta del test di Hausman sul modello REM, ma con poca significatività, poiché sia la variabile di *trade openness* che la costante risultano rispettivamente significative al 10% e non significativa. Inoltre l'introduzione di TO non sembra impattare molto sul modello, dato che i regressori non cambiano sensibilmente rispetto al modello iniziale. TO è associato ad un segno negativo.

Per quanto concerne invece SO_x , la specificazione risulta significativa (FEM) anche con l'introduzione di TO, quest'ultima associata ad un segno negativo, che sembra impattare di molto rispetto al modello originario.

Invece per PM_{10} , l'introduzione di TO (legata ad un segno negativo) non influisce sensibilmente anche se la specificazione è significativa. Purtroppo non appaiono risultati rilevanti né per NMVOC, né per CO.

Per quanto riguarda il modello che include il capitale pro capite tra le variabili esplicative, la forma ad U rovesciata appare significativa per tutte le emissioni esaminate (NO_x , SO_x , CO, PM_{10}). Per NMVOC, invece è significativa solo la forma lineare.⁶⁸

Procediamo anche in questo caso introducendo la variabile di *trade openness*.

La forma a campana viene prescelta per SO_x , dove ancora la variabile di *trade openness* assume segno positivo. Anche in quest'ultimo caso la sua introduzione non sembra influenzare sensibilmente il modello, dato che il valore dei regressori non

⁶⁸ Per tutti questi inquinanti anche la dinamica degli investimenti lordi è speculare a quella del capitale netto, con alcune diversità solo per gli inquinanti NMVOC e PM_{10} . Infatti nel primo caso il capitale risulta significativo solo nella sua specificazione lineare, mentre per gli investimenti lo è anche la forma quadrata. Per PM_{10} le cose sono invertite: per il capitale la specificazione al quadrato è significativa, ma non lo è la forma lineare; al contrario per gli investimenti è solo quest'ultima che presenta un grado di significatività, anche se solo al 5%.

subisce notevoli modifiche, rispetto alla specificazione precedente. Invece per NO_x , NMVOC, CO e PM_{10} , l'aggiunta della variabile di *trade openness* non porta a risultati rilevanti.⁶⁹

4.4.3 In conclusione

In conclusione possiamo notare una certa dinamica EKC comparire per tutti i gas serra analizzati, nonché per PM_{10} ed NMVOC (anche se quest'ultima con gradi di significatività minore). Per NO_x e SO_x invece sembra più adatta una specificazione ad N. Per CO non sembra apparire nessuna particolare dinamica degna di rilievo.

Introducendo la variabile di *trade openness*, troviamo che la variabile impatta molto solo su SO_x , dove viene associato ad un segno negativo, e su CO_2 (con segno positivo), ma non in modo altrettanto marcato.

Per N_2O e NH_3 la variabile impatta positivamente solo nella specificazione lineare (ed anche qui non in modo molto evidente). Per NO_x la *trade openness* è poco significativa e legata a segno negativo ed una dinamica simile si evidenzia anche per PM_{10} , dove però, unica distinzione, la variabile risulta significativa. Per CH_4 , NMVOC e CO non si evidenzia significatività in nessuna specificazione del modello.

Sembra infine che l'introduzione di TO nel modello con il capitale pro capite come esplicativa, produca effetti rilevanti solo per SO_x ed, in certa misura, per CO_2 , che, come evidenziato nel capitolo 3, sono emissioni inquinanti soprattutto generate dalla combustione dei settori energetico ed industriale, nonché dai trasporti per quanto concerne l'anidride carbonica. Procederemo quindi nell'analisi per aggregati settoriali, distinguendo le emissioni per manifattura (D), industria (C-F) e servizi (G-O).

4.4.4 Analisi settoriale

Procediamo nell'analisi, valutando l'andamento delle emissioni inquinanti per aggregati settoriali: industria (C-F), manifattura (D) e servizi (G-O). Purtroppo non è possibile introdurre il *trade openness* nell'ultimo aggregato, a causa dell'assenza di dati a riguardo. Per le due restanti divisioni settoriali invece possiamo stimare il modello in cui anche la variabile di *trade openness* appare nella sua specificazione

⁶⁹ Per NMVOC i risultati sarebbero significativi solo nella forma lineare, in cui TO assume valore negativo e comunque non produce grossi cambiamenti sull'esplicativa.

logaritmica, cosa che prima non era resa possibile appunto dalla presenza del settore dei servizi per il quale i valori erano nulli e quindi non trasformabili in logaritmo.

Da una prima analisi descrittiva possiamo notare, come evidenziato dalla tavola 2 dell'appendice, che le variabili esplicative (VA/N, K/N e TO) presentano valori ovviamente diversi a seconda dei settori di riferimento. VA/N mostra una media maggiore per l'industria e minore per i servizi, mentre K/N è più elevato in quest'ultimo settore e meno nella manifattura. TO infine mostra una media settoriale meno elevata per i servizi e maggiore nel settore manifatturiero.

Iniziando l'analisi proprio da quest'ultimo settore (D), si può osservare come CO₂ presenti risultati rilevanti sia nella specificazione quadrata che ad N, ma l'introduzione di TO risulta significativa solo in quest'ultimo caso. Lo stesso accade per N₂O.

Per CH₄ ed NH₃ invece il modello di maggior rilievo presenta una dinamica EKC. L'introduzione di TO sembra impattare notevolmente in entrambi i casi e il modello prescelto dal test di Hausman risulta quello ad effetti fissi.⁷⁰ Per NH₃, la variabile sembra impattare di molto sulle elasticità dei regressori, che, dopo l'introduzione nel modello del *trade openness*, risultano di molto diminuiti. Per queste emissioni TO è comunque sempre legata a segno positivo.

Per NO_x, NMVOC e CO, la specificazione alla Kuznets sembra essere significativa, ma perde di significatività dopo l'introduzione nel modello di TO.

SO_x invece presenta una dinamica interessante, in cui l'introduzione di TO impatta molto sui regressori. La specificazione presenta però segni invertiti rispetto alla normale curva ad U rovesciata (prima negativo, poi positivo e TO è legata a segno negativo). Infine per PM₁₀, la specificazione più rilevante risulta quella ad N, ma con l'aggiunta di TO perde di significatività.

Quindi per il settore manifatturiero, l'introduzione di TO sembra essere rilevante per una dinamica alla Kuznets solo per CH₄, NH₃ e SO_x, in quest'ultimo caso con segni invertiti.

Nell'aggregato dell'industria (C-F), le emissioni di CO₂ ed N₂O presentano forme EKC altamente significative (FEM), ma si discostano al momento dell'introduzione di

⁷⁰ Per CH₄, la scelta, dopo l'inserimento di TO, ricade su FEM, al contrario di quanto avveniva precedentemente.

TO: per CO₂ il modello continua a mantenere un elevato grado di significatività⁷¹, con la variabile di *trade openness* associata ad un valore positivo, anche se l'impatto che produce non è molto elevato. Al contrario l'introduzione della variabile nel modello di N₂O, non produce risultati rilevanti. Lo stesso accade per CH₄, mentre NH₃ presenta la classica forma ad U rovesciata sia con che senza la variabile di *trade openness*. Questa sembra poi impattare molto sul modello.

Per NO_x, SO_x e PM₁₀ le dinamiche risultano significative, con TO associata a valori negativi e, soprattutto per quanto riguarda SO_x, la variabile sembra influire di molto⁷². Anche per NMVOC si trova riscontro in una forma quadratica di rilievo, ma i segni dei regressori risultino invertiti rispetto a quelli associati alla normale curva EKC. Questo cessa di essere vero nel momento in cui si inserisce la variabile TO. Per quanto infine concerne CO, mentre appare evidente il risultato di una forma a campana con modello con effetti temporali, l'aggiunta di TO alla specificazione le fa perdere di significatività.

Concludendo solo N₂O, CH₄ e CO non presentano risultati significativi dopo l'introduzione di TO, mentre per gli altri inquinanti una certa dinamica sembra prendere forma.

Passando poi all'analisi dell'effetto del capitale netto pro capite sui diversi inquinanti, si può innanzitutto evidenziare come sia per CO₂ che per N₂O, solo le forme lineari appaiono significative, ma mentre per il primo inquinante la significatività permane anche dopo l'introduzione di TO, per N₂O il modello non presenta più risultati efficienti dal punto di vista della presenza di una dinamica EKC. Lo stesso accade per NO_x e, considerando che anche CO non presenta un modello significativo, possiamo considerare che per tutti gli altri inquinanti una forma ad U rovesciata sembra comparire sia nel modello con che in quello senza TO. Inoltre nella maggior parte dei casi, quest'ultima è associata ad un valore negativo.

Per quanto concerne infine il settore dei servizi (G-O), l'impatto di TO non può essere valutato come precedentemente suddetto. Ci limiteremo perciò a valutare la presenza

⁷¹ Questo conferma anche quanto rilevato a livello disaggregato.

⁷² Anche questo sembra confermare quanto già rilevato a livello disaggregato, in cui TO risultava impattare molto soprattutto per SO_x e CO₂. Sappiamo che i due inquinanti sono legati al settore dell'industria, quindi è importante che i dati vengano riconfermati nella divisione settoriale.

di una dinamica EKC e di verificare gli effetti prodotti dal capitale pro capite sulle varie emissioni inquinanti.

La forma quadrata risulta significativa per sei inquinanti: CO₂, NO_x, SO_x, NMVOC, CO, PM₁₀, tuttavia è legata a segni invertiti rispetto a quelli che dovrebbe presentare una vera e propria curva EKC.

Dal punto di vista del capitale i risultati seguono circa la stessa linea: solo CO₂, CH₄, NO_x, SO_x, NMVOC e CO presentano forme quadrate significative con segni invertiti. Per i primi tre inquinanti inoltre, la scelta ricade sui modelli ad effetti temporali, in cui però la costante appare estremamente elevata (si confrontino tavole 5.A, 5.C e 5.E dell'appendice). PM₁₀ invece non presenta alcuna specificazione di rilievo.

4.6 Trade off tra efficienza ambientale, produttività del lavoro e capitale

L'analisi che svolgeremo in questo paragrafo è diretta a stimare i modelli illustrati nella sezione introduttiva, in cui la variabile dipendente è l'efficienza ambientale (E/VA), mentre, a seconda delle distinte specificazioni, le esplicative sono rispettivamente il valore aggiunto pro capite ed il capitale netto pro capite. L'obiettivo è di studiare il segno delle elasticità risultanti dai modelli. Infatti, un segno positivo supporterebbe la tesi che esista un *trade off* tra efficienza ambientale e produttività del lavoro o capitale pro capite. Al contrario un segno negativo catalogherebbe l'analisi tra altre affermanti che una migliore performance ambientale può essere associata ad una maggiore produttività del fattore lavoro.

Infatti E/VA può essere intesa come una sorta di produttività inversa del fattore ambientale e, seguendo Mazzanti e Zoboli (2006), l'obiettivo che ci poniamo è quello di valutare la relazione che questa presenta rispetto alle esplicative del modello.

Procederemo successivamente con l'aggiungere al modello anche la variabile di *trade openness*, per valutare anche in questo caso l'influenza che l'indicatore di apertura commerciale può esercitare sui risultati delle stime. Il modello che invece presenta come esplicativa il logaritmo del capitale pro capite ha lo scopo di mettere in luce ulteriori relazioni tra efficienza ambientale e capitale appunto.

4.6.1 I principali gas serra

Tra i principali inquinanti rispondenti alla categoria dei gas serra, possiamo osservare che CO_2 , N_2O e CH_4 presentano regressori associati a segni negativi, mentre NH_3 ha segno positivo. Questo rimane in linea rispetto allo studio svolto da Mazzanti e Zoboli (2006) e su tre dei quattro inquinanti analizzati non sembra esistere alcuna dinamica di *trade off*. Assottigliamo l'analisi introducendo TO. Solo per CH_4 l'introduzione della nuova variabile non porta a risultati significativi, ma per CO_2 , NH_3 ed N_2O si producono esiti rilevanti, anche se di fatto TO impatta di pochissimo ed è comunque legata ad un segno positivo (quindi impatta negativamente sull'efficienza ambientale). Nel modello con capitale pro capite, dobbiamo effettuare distinte analisi per le quattro categorie di emissioni. CO_2 non presenta una specificazione significativa, ma il risultato si capovolge con l'introduzione di TO. Il modello (FEM) appare in questo caso significativo con elasticità negativa. Per N_2O invece sembra accadere il contrario: il modello presenta significatività, ma con effetti casuali e regressore associato a valore positivo. Aggiungendo TO il modello perde di significatività. NH_3 e CH_4 invece presentano specificazioni altamente significative, ma, mentre per il metano il capitale pro capite presenta un'elasticità negativa ed inferiore all'unità, per NH_3 il regressore è positivo e di molto superiore all'unità (5,2187).

Nel momento in cui entra in gioco TO le cose invece cambiano: per CH_4 il regressore mantiene segno negativo e la variabile di *trade openness* non sembra influenzarlo di molto; per NH_3 invece l'impatto appare maggiore (il valore dell'elasticità passa da 5,2187 a 4,1229). Ancora una volta TO è associata a segno positivo.

Concludendo la disamina dei principali gas serra, non sembra apparire una dinamica di *trade off*, se non per NH_3 . TO invece sembra influenzare le variabili, tranne nel caso di CH_4 ed è prevalentemente associato ad un valore positivo (tranne nel caso di SO_x ed NMVOC). Il modello che vede il capitale pro capite come esplicativa conferma tali risultati per tutti gli inquinanti ad eccezione di N_2O , in cui K/N ha segno positivo.

4.6.2 Altri inquinanti

Per quanto concerne le altre emissioni analizzate, notiamo per tutte una tendenziale assenza di *trade off* per quello che riguarda la prima specificazione del modello. L'introduzione di TO non produce grosse variazioni nel valore delle elasticità e non genera un modello rilevante per NO_x , CO e PM_{10} . Eccezione fatta per il primo inquinante (NO_x), tutti gli altri presentano elasticità superiori all'unità, in alcuni casi anche di molto (esempio SO_x).

Nel modello che vede K/N come esplicativa si conferma l'assenza di *trade off* (variabile associata a segno negativo), anche se poi, nel momento in cui viene inserita la variabile di *trade openness*, i risultati si dimostrano discordanti. Per NMVOC la specificazione non è significativa, in SO_x la variabile di *trade openness* è legata a segno negativo, mentre per le restanti emissioni (CO, NO_x e PM_{10}) il segno è positivo. In questo ultimo caso sembra quindi apparire una relazione inversa tra le variabili, tale per cui TO può impattare negativamente sull'efficienza ambientale.

4.6.3 Analisi settoriale

Considerando l'analisi per aggregati settoriali e valutando in primo luogo il settore manifatturiero, possiamo osservare come quasi tutti gli inquinanti confermino la correlazione negativa rilevata già a livello disaggregato. Uniche diversità sono presentate dalle emissioni di N_2O , che per la manifattura non presentano alcuna specificazione significativa, se non al momento dell'analisi del capitale pro capite. Altra differenza, rispetto all'analisi disaggregata è rappresentata dalle emissioni di CH_4 , che in questo frangente si associano ad una relazione positiva tra le due produttività, anche se il modello risulta effettivamente poco significativo (appena al 10%). NH_3 invece continua a confermare anche per la manifattura la relazione positiva tra dipendente ed esplicativa, confermando il risultato a livello disaggregato.

Aggiungendo il logaritmo di TO al modello, molti risultati perdono di significatività; questo accade per CH_4 , NO_x e PM_{10} , mentre N_2O si mantiene non significativo. Per CO_2 , CO, SO_x ed NMVOC i risultati confermano invece quanto rilevato nella specificazione disaggregata, ma, mentre per i primi due gruppi di inquinanti si conferma la dinamica negativa mentre TO viene associato a segno positivo, per SO_x

ed NMVOC anche la variabile di *trade openness* assume valenza negativa. NH_3 continua a confermare i segni positivi per tutte le variabili.

Analizziamo a questo punto il modello che stima come esplicativa il capitale pro capite anche per il settore manifatturiero, in cui sembrano emergere risultati interessanti. PM_{10} è l'unico inquinante a presentare una specificazione non significativa, mentre per CO_2 , N_2O , CH_4 , NH_3 e CO il regressore è associato a segno positivo, contrariamente a quanto accadeva precedentemente nell'analisi disaggregata (c'è una conferma dei segni solo per N_2O e CH_3). Questo risultato è abbastanza rilevante, poiché evidenzia un possibile *trade off* nel settore manifatturiero tra efficienza ambientale e capitale pro capite investito. Per SO_x ed NMVOC invece il regressore è legato a segno negativo.

Anche in questo caso procediamo aggiungendo la variabile TO. Il risultato non presenta significatività per le emissioni di CO_2 , CH_4 , NO_x , CO e PM_{10} , mentre conferma le dinamiche precedenti per i restanti inquinanti, associandosi a segno negativo per SO_x ed NMVOC e positivo per N_2O ed NH_3 .

Passiamo alla disamina del settore industriale, dove rileviamo modelli non significativi nella prima specificazione (dove VA/N è l'esplicativa) per N_2O , CH_4 e PM_{10} , neppure con l'introduzione del *trade openness*. Ancora si conferma quanto rilevato a livello disaggregato: solo per NH_3 sembra comparire un *trade off* tra le variabili. Con TO il modello per NO_x risulta non significativo, mentre il segno viene confermato per gli altri inquinanti.

Il secondo modello specificato (con K/N come esplicativa) associa al regressore segno positivo per tre dei maggiori gas serra (CO_2 , N_2O e NH_3), mentre NO_x e CO non presentano soluzioni significative e gli altri inquinanti confermano l'assenza di *trade off* tra le variabili. Viene quindi ribaltato quanto precedentemente valutato per il caso della manifattura. Il modello perde di significatività con TO per CO_2 , NO_x , NMVOC e PM_{10} , per CO invece acquista rilevanza ed in SO_x , N_2O , CH_4 ed NH_3 , si conferma quanto rilevato prima dell'introduzione della variabile, che per altro sembra impattare abbastanza sui valori assunti dai regressori (si confrontino le tavole 6.F, 6.B, 6.C, 6.D dell'appendice).

Infine trattiamo l'analisi per il settore dei servizi per il quale, ancora una volta manca la trattazione riguardo all'introduzione della variabile di *trade openness*.

Anche in questo caso rileviamo risultati interessanti, in quanto per il settore in questione vengono totalmente confermate le dinamiche di *trade off* apparse a livello disaggregato. Infatti solo per NH_3 una certa relazione inversa sembra comparire sia nel modello in cui si valuta l'impatto della produttività del lavoro sull'efficienza ambientale, che in quello in cui invece si considera l'effetto del capitale pro capite.

CAPITOLO 5

STUDIO EMPIRICO SU UN CAMPIONE DI IMPRESE EMILIANE

Il presente capitolo si concentrerà sull'analisi econometrica su dati di imprese emiliane (Reggio Emilia). L'obiettivo è quello di valutare l'influenza che l'innovazione ambientale, insieme ad altre variabili di formazione, tecnologiche ed organizzative producono sulla produttività del lavoro (espressa in termini di rapporto tra valore aggiunto e numero di dipendenti). Sostanzialmente quindi si cercherà di testare in che modo l'innovazione, distinta appunto nelle sue diverse forme, possa influenzare la produttività dell'impresa.

Per quanto concerne i cambiamenti tecnologici ed organizzativi all'interno dell'impresa, essi sono fortemente legati a quelle che in letteratura sono definite *human resource management practices* (HRMPs). Molti studi evidenziano che HRMPs tradizionali contribuiscono in modo minore all'accrescimento della produttività d'impresa rispetto invece a quanto accade con nuove tipologie di *human resource management practices*, come possono essere la flessibilità sul lavoro, il cross-training, il lavoro in team o i sistemi retributivi premianti. Infatti la semplice implementazione di nuove tecnologie, senza che queste vengano accompagnate da innovazione di tipo organizzativo e da nuove pratiche di gestione delle risorse umane, non sembra portare a buone performance aziendali (Antonioli et. al. 2003). Spesso infatti l'utilizzo di queste pratiche di gestione delle risorse umane, che vengono considerate più *knowledge intensive*, avviene in ambienti tecnologicamente più flessibili, che non rispondo più agli schemi fordisti e teyloristi dell'organizzazione d'impresa, ma a modelli più snelli e dinamici.

Inoltre Black e Lynch (2001) cercano di dimostrare che non è tanto il fatto che si adotti una particolare pratica di gestione delle risorse umane ad influenzare la produttività, quanto il modo in cui la pratica viene introdotta e gestita all'interno dell'impresa. Molti studi infatti dimostrano che una maggiore partecipazione dei lavoratori ed il loro coinvolgimento nell'attività produttiva tendono a far aumentare le performance aziendali. Gli autori studiano

un campione di imprese tedesche che hanno introdotto pratiche partecipative negli anni '96-'97 e sono giunti alle conclusioni che l'introduzione in queste di *shop-floor* ha sensibilmente aumentato la produttività delle imprese studiate.

Un ulteriore elemento da considerare nella trattazione è la formazione del lavoratore. Come illustrato nel capitolo 2, paragrafo 2.4, l'introduzione di nuove tecnologie può esercitare forti pressioni sulla forza lavoro impiegata dalle imprese, la quale viene sottoposta a formazione proprio per renderla "compatibile" con l'innovazione introdotta. Il *training* sta divenendo un elemento sempre più importante per le imprese che si trovano a dover fronteggiare cambiamenti tecnologici. Di conseguenza può essere considerato come un elemento che contribuisce all'aumento della produzione aziendale, soprattutto in presenza di mercati del lavoro flessibili.

Diversi studi hanno cercato di dimostrare questa relazione. Zwick (2005) ad esempio studia gli effetti sulla produttività di diverse forme di *training* su un campione di imprese tedesche, ponendo distinzioni a seconda che il *training* sia *off the job*, piuttosto che *on the job*. Conclude valutando come effettivamente il *training* può essere uno strumento per le imprese che vogliono colmare i gap produttivi e riacquistare competitività sul mercato. Molte altre relazioni positive (anche se a volte non significative) tra formazione e produttività aziendale vengono testate, benché gli impatti risultino differenti a seconda del tipo di *training* che si esamina. Seguendo Barret e O'Connell (2001), il *training* generale (che si distingue da quello specifico) appare maggiormente spendibile dai lavoratori, poiché aumenta la loro impiegabilità ovunque. Inoltre i lavoratori percepiscono spesso l'attività di formazione nei loro confronti come una gratificazione, un segno di lealtà nei loro confronti e di conseguenza aumentano gli sforzi impiegati sul lavoro, spingendo la produttività a livelli più elevati. Inoltre anche il cosiddetto *training off the job* sembra impattare maggiormente sulla produttività, poiché le imprese da un lato usufruiscono sul campo di lavoratori già formati e possono diminuire le perdite produttive presenti in quantità molto elevate nel caso di *training on the job*.

Bartel (1994) è il primo a stimare una funzione di tipo *cross-section* che include programmi di formazione e trova che l'implementazione di programmi di *training* spinge verso un aumento della produttività. Dearden et. al. (2000) effettuano uno studio sull'impatto che il *training* ha sulla produttività a livello industriale in Gran Bretagna. Utilizzano dati panel su un periodo che va dal 1983 al 1996 per 94 industrie e scoprono un effetto positivo

significativo della formazione sulla produttività di settore, derivante dal *training off the job* invece che da quello *on the job*.

Infine, oltre agli aspetti suddetti, abbiamo già ampiamente evidenziato come l'innovazione ambientale possa influenzare le performance aziendali. Tutti questi elementi vengono studiati congiuntamente in questo capitolo per tentare appunto di mettere in luce possibili risultati dal punto di vista empirico.

5.1 Dati ed approccio metodologico

I dati utilizzati nell'analisi prendono origine da un *merger* di tre differenti database. Il primo rappresentato dai dati ricavati dal questionario che una ricerca del team dell'università di Ferrara ha sottoposto ad un campione di imprese. L'unità d'indagine è costituita da imprese dell'industria manifatturiera con almeno 50 addetti presenti nella provincia di Reggio Emilia nel 2001. L'universo è composto da 257 imprese, ma i questionari sottoposti hanno ottenuto risposta per un totale di 199 imprese.⁷³ Inoltre, per 171 di queste 199 imprese sono disponibili i dati di bilancio per l'anno 2004⁷⁴. Questi dati sono stati incrociati poi con altri ricavati da un diverso questionario sottoposto sempre ad imprese manifatturiere della zona suddetta, a cui hanno risposto 140 imprese su 197.⁷⁵ Dalla sovrapposizione di questi due database è risultato un nuovo insieme di dati rappresentato da 89 imprese, per le quali sono quindi presenti informazioni di carattere tecnologico, organizzativo ed ambientale, nonché dati riguardanti le HRMPs.

La prima problematica da affrontare è quella di valutare, vista la ristrettezza del campione, se questo possa comunque essere considerato rappresentativo dell'universo di imprese individuato. È perciò interessante confrontare la composizione della popolazione.

⁷³ Per ulteriori informazioni si veda Antonioli et al. (2004).

⁷⁴ I dati di bilancio provengono dalla banca dati della Camera del Lavoro di Reggio Emilia.

⁷⁵ Si confronti Mazzanti e Zoboli (2006).

Tabella 5.1: Totale della popolazione di impresa

Settore	numero di addetti						Totale (%)	Totale (valore assoluto)
	50-99	100-249	250-499	500-999	>999			
Alimentare	0,78%	1,95%	1,17%	0,78%	0,78%	5,45	14	
Altre industrie	0,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,78	2	
Carta-editoria	1,56%	0,00%	1,17%	0,00%	0,00%	2,72	7	
Chimica	3,11%	2,72%	0,78%	0,00%	0,39%	7,00	18	
Legno	0,00%	0,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,78	2	
Metalmeccanica	28,02%	15,95%	5,06%	2,72%	3,50%	55,25	142	
Minerali non metalliferi (ceramica)	9,73%	6,61%	1,95%	2,72%	0,78%	21,79	56	
Tessile	1,56%	1,56%	2,72%	0,00%	0,39%	6,23	16	
Totale (%)	45,53	29,57	12,84	6,23	5,84	100		
Totale (valore assoluto)	117	76	33	16	15		257	

Tabella 5.2: Popolazione ricavata dal merger

Settore	numero di addetti						Totale (%)	Totale (valore assoluto)
	50-99	100-249	250-499	500-999	>999			
Alimentare	0,00%	0,00%	0,00%	2,25%	0,00%	2,25	2	
Altre industrie	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0	
Carta-editoria	1,13%	0,00%	1,13%	0,00%	0,00%	2,26	2	
Chimica	2,25%	2,25%	0,00%	0,00%	0,00%	4,49	4	
Legno	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0	
Metalmeccanica	26,97%	23,59%	8,99%	4,49%	2,25%	66,29	59	
Minerali non metalliferi (ceramica)	4,49%	10,11%	3,37%	2,25%	0,00%	20,22	18	
Tessile	3,375	1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	4,49	4	
Totale (%)	38,20	37,08	13,48	8,99	2,25	100		
Totale (valore assoluto)	34	33	12	8	2		89	

La perdita di dati è consistente, ma il campione è comunque sufficientemente rappresentativo della popolazione delle imprese suddivisa per settore e numero di addetti.⁷⁶ Partendo proprio dallo studio Mazzanti e Zoboli (2006), il nostro obiettivo è quello di testare l'effetto che l'innovazione, distinta nelle sue varie forme, genera sulla produttività delle imprese. Per far questo ci affideremo ad un modello di tipo *cross-section* così formulato:

$$VA/N_{i,04} = \beta_{0i} + \beta_{1i,98-00} [Z]_{i,98-00} + \beta_{2i,98-00} [\text{var. formaz.}]_{i,98-00} + \beta_{3i,98-00} [\text{var. org.}]_{i,98-00} + \beta_{4i,98-00} [\text{var. tecn.}]_{i,98-00} + \beta_{5i,01-03} [\text{var. ambient}]_{i,01-03} + \varepsilon_i$$

Dove β_{0i} è la costante, $Z_{i,98-00}$ è un vettore di variabili di controllo in cui ritroviamo la dimensione dell'impresa, delle *dummy* di appartenenza settoriale, fatturato nazionale, livelli di gerarchia all'interno dell'impresa, il rapporto tra lavoratori specializzati e non. $\beta_{2i,98-00}$ è il vettore di parametri associato alle variabili di formazione, tra cui ritroviamo DIPFORM, che è la variabile che ci indica la percentuale dei dipendenti interessati da processi di formazione. Nelle variabili organizzative ritroviamo FLEXIMP che fa appunto riferimento al livello di flessibilità degli impianti, OUTS_COL riferita all'*outsourcing*, cioè al fatto che l'impresa esternalizzi ed in che modo le attività accessorie (gestione magazzino, distribuzione, manutenzione impianti, commercializzazione, ricerca e sviluppo, ecc.), o svolga alcune attività per conto di altre imprese (attività quali ad esempio la fornitura, la lavorazione, ecc.). Tra le variabili appartenenti a questo gruppo riconduciamo anche BONUS, che indica la percentuale di dipendenti, a seconda del loro inquadramento, che ricevono bonus a altri incentivi retributivi. Il vettore *var.tecn.* raggruppa le variabili di carattere tecnologico, quali l'innovazione di prodotto denominata come INNOPROD, o l'innovazione di processo INNOPROC. Infine tra le variabili di carattere ambientale sono presenti dati relativi alla certificazione qualitativa ed ambientale effettuate dall'impresa (EMAS, ISO9000 o ISO14000), le spese in ricerca e sviluppo ambientale espresse in

⁷⁶ Il buon grado di rappresentatività del campione può essere calcolato utilizzando il test di Cochran (1977), che permette di valutare il margine di errore tollerato, attraverso la formulazione: $n = N / \left[(N-1)\theta^2 + 1 \right]$ in cui n è la popolazione del nostro campione, N l'universo e θ è l'errore che viene tollerato, il quale presenta un valore soglia pari a 0,05. Nel nostro caso il calcolo fa emergere un risultato (0,08) al di sopra, benché non di molto, del valore suddetto. Va tuttavia tenuto conto che questo test è sensibile alla numerosità, per cui il suo uso è abbastanza penalizzante per campioni di piccole dimensioni, come nel nostro caso.

termini pro capite (RSN), i costi diretti pro capite sostenuti (COSTN) sempre in riferimento al periodo 2001-2003, ma anche se l'impresa risulta soggetta a politiche in riguardo alle emissioni (POLEM) o i rifiuti/energia (POLWAS).

La funzione così specificata non è una vera e propria funzione di produzione, quanto una sorta di funzione di produzione tecnica, in cui la variabile dipendente è la produttività del lavoro e le esplicative vengono rappresentate da tutta una serie di caratteristiche che possono influenzare la produttività e che ci permettono di cogliere gli aspetti innovativi distinti nelle loro varie forme.

Per risolvere eventuali problemi di endogeneità causata da simultaneità (o cocausazione) tra produttività e innovazione viene utilizzato in fase di stima un modello che presenta diacronia temporale tra variabile dipendente (calcolata nel 2004) ed esplicative (appartenenti ai trienni 1998-2000 e 2001-2003). Per quanto concerne, invece, l'endogeneità derivante da eterogeneità non osservata si può ritenere che essa venga minimizzata grazie all'abbondanza di esplicative e di controlli inseriti nelle specificazioni di stima.

L'obiettivo dell'analisi abbiamo detto essere quello di valutare quali siano le variabili che maggiormente impattano sulla funzione di produzione tecnica, come l'abbiamo definita.

In primo luogo abbiamo preso in esame la matrice di correlazione delle esplicative, da cui appare chiaramente che molte di esse appaiono correlate, per cui non sarebbe opportuno introdurle nella stessa specificazione di stima.

La procedura seguita è stata poi quella di analizzare le variabili per blocchi, testando prima un modello per le variabili di formazione, poi per quelle organizzative, tecnologiche ed infine quelle ambientali. In questo modo abbiamo cercato di valutare quali risultassero particolarmente significative, per poterle poi introdurre insieme nella funzione precedentemente specificata. Ovviamente in ogni blocco sono state incluse le opportune variabili di controllo.

5.2 Risultati

I risultati dei modelli stimati per singoli blocchi non appaiono di particolare rilievo, come comunque ci si aspettava, in parte per la ristrettezza del campione, in parte poiché, come la letteratura ci insegna, questi elementi producono risultati agendo in una sorta di sinergia all'interno dell'impresa, per cui presi singolarmente possono vedere vanificato il loro

effetto. Infatti i risultati si modificano nel momento in cui tutte queste variabili vengono introdotte congiuntamente nel modello, fornendo risultati maggiormente compatibili con quanto atteso.

Abbiamo quindi proseguito l'analisi stilando un unico modello che presenti nelle esplicative sia le variabili economiche che quelle ambientali. In questo senso vengono considerate diverse costruzioni; le più significative appaiono nella tavola 9 dell'appendice.

Innanzitutto osserviamo che tra le variabili di controllo la dimensione esercita un effetto positivo, seppur debole, sulla dipendente. Ciò appare in linea con una recente indagine condotta sulle imprese manifatturiere del territorio reggiano da cui emerge che la dimensione d'impresa agisce sulla produttività in modo indiretto, attraverso l'influenza che esercita sull'innovazione (Antonioli et al., 2007). Inoltre, nel contesto reggiano sembrano essere le imprese di medie dimensioni a conseguire performance economiche superiori.

Una seconda variabile di controllo che emerge significativa con segno negativo nelle stime effettuate è GRUPPCON. L'appartenenza a gruppi o consorzi non sembra quindi essere un elemento premiante in termini di performance produttiva.

Possiamo poi notare che le variabili ambientali ad apparire sempre significative sono rappresentate da RSN, COSTN e ISO14000, mentre le variabili di innovazione e di network non lo sono mai. Questo è abbastanza interessante e si possono fornire diverse interpretazioni, tra cui una potrebbe essere che le imprese intervistate abbiano ricondotto all'innovazione ambientale attività che invece dovrebbero ricadere in altri ambiti (innovazione organizzativa, di processo, di prodotto, ecc.). In particolare questa lettura sembra essere confermata dal fatto che l'innovazione di prodotto è anch'essa una variabile quasi sempre significativa del modello, in alternativa alla variabile BONUS,⁷⁷ riconducibile a forme di innovazione organizzativa. Stranamente invece l'innovazione di processo non risulta mai significativa. Sembra pertanto che le imprese di minori dimensioni preferiscano affidarsi ad innovazioni di prodotto, piuttosto che affrontare cambiamenti nei processi produttivi.

Anche le variabili di certificazione, quali EMAS ed ISO9000, non appaiono mai rilevanti nel modello, forse per il fatto che le imprese che maggiormente ne fanno uso non sono

⁷⁷ Questo potrebbe anche trovare spiegazione nel fatto che le variabili presentano una correlazione che, seppur minima non è comunque nulla.

incluse (in tutto o in parte) nel modello generato dalla sovrapposizione dei tre campioni di imprese.

Notiamo poi che un effetto sempre positivo e significativo viene generato dalla variabile DIPFORM, che rappresenta la percentuale di dipendenti interessati da processi di formazione. Questo risulta in linea con quanto affermato in letteratura sul ruolo positivo che le attività formative giocano nella determinazione di aumenti di produttività. Per alcuni dei modelli stilati anche le relazioni industriali appaiono significative e positive.

Per quanto concerne le variabili ambientali, risultano sempre significative e positive ISO14000, RSN e COSTN, le prime due ovviamente con segno positivo e l'ultima negativa. Anche l'introduzione nel modello delle politiche ambientali a cui sono sottoposte le imprese porta in alcuni casi a risultati significativi negativi, sintomo che le *policy* a cui le imprese devono far fronte producono un decremento in termini di produttività. Questo potrebbe risultare in contrasto con quanto affermato da alcune teorie, che considerano come le *policy* impattino positivamente sull'innovazione e quindi sulla produttività delle imprese. C'è però da considerare che il rapporto non è in realtà così sequenziale: l'effetto giocato dalle politiche impatta in modo indiretto sulla produttività, passando attraverso l'introduzione di innovazione, mentre direttamente l'impatto può essere percepito negativamente.

Inoltre va considerato che, come affermato già nel capitolo 2, spesso i cicli di *policy* ed innovativo non coincidono, per cui le imprese si trovano a fronteggiare spese molto elevate a fronte di investimenti che rientreranno in azienda in tempi spesso molto lunghi. La politica in questo senso ha effetti quindi negativi sulla produttività.

L'analisi sembra perciò condurre in un certo senso a risultati abbastanza interessanti, sebbene si debba tenere in considerazione la ridotta dimensione del campione (89 imprese) su cui si sono effettuate le stime.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le attività umane impattano in modo sempre più marcato sull'ambiente che ci circonda ed il problema dell'inquinamento viene spesso posto al centro di dibattiti e studi, con il tentativo di trovare soluzioni anche dal punto di vista economico alla questione. Questo perché la maggior parte delle emissioni inquinanti deriva dalle attività produttive e la necessità di salvaguardare il territorio diventa un costo sia per le imprese che per i paesi a livello internazionale. La necessità di porre un freno allo sfruttamento indiscriminato e al deterioramento ambientale ha acquisito maggiore spessore nel corso degli ultimi decenni, in cui si è assistito all'aumento degli impegni presi a vari livelli istituzionali, anche se non sempre con l'implicazione del raggiungimento di risultati concreti. Un esempio di ciò può essere considerata l'istituzione della Conferenza delle Parti, che prende vita nel 1992 da una convenzione ONU, proprio in materia ambientale. La conferenza viene chiamata a riunirsi ogni anno per discutere delle problematiche climatiche ed è proprio da qui che nel 1997 scaturisce il Protocollo di Kyoto. L'obiettivo è quello di far convergere le politiche mondiali a favore del clima, nel tentativo di creare uno spirito collaborativo a livello internazionale; questo è considerato infatti uno dei pochi modi attraverso i quali le problematiche ambientali e di sviluppo sostenibile possono cercare di trovare una risoluzione.

È proprio all'interno delle scuole di pensiero orientate ad una visione "sostenibile" dello sviluppo che ritroviamo la teoria al centro della tesi sviluppata in questa sede: la teoria cosiddetta "*Environmental Kuznets Curve*" (EKC). Da un lato infatti è ovvio considerare che più un'economia cresce e si espande, maggiore sarà la quantità di rifiuti ed emissioni prodotti, mentre dall'altro alcune scuole di pensiero credono nella possibilità di far conciliare i due aspetti cruciali della discussione: crescita economica ed efficienza ambientale. Secondo quanto postulato dalla teoria EKC, potrebbe esistere una relazione a forma di U rovesciata tra un indicatore della ricchezza (ad esempio il reddito pro capite) ed un altro indicatore di degrado ambientale.

Nella tesi ci siamo occupati di proprio di valutare l'esistenza di una qualche forma EKC, utilizzando dati NAMEA ed in questo ambito i risultati prodotti sembrano essere soddisfacenti. Una certa dinamica EKC sembra comparire per tutti i gas serra analizzati,

nonché per PM₁₀ ed NMVOC, anche se con gradi di significatività minore. Per NO_x e SO_x invece sembra più adatta una specificazione ad N. Infine CO non sembra legato a nessuna particolare dinamica.

Introducendo la variabile di *trade openness*, troviamo che la variabile impatta molto solo su SO_x, dove viene associato ad un segno negativo, e su CO₂ (con segno positivo), ma non in modo altrettanto marcato. Per N₂O e NH₃ la variabile impatta positivamente solo nella specificazione lineare ed anche qui non in modo molto evidente. Per NO_x la *trade openness* è poco significativa e legata a segno negativo ed una dinamica simile si evidenzia anche per PM₁₀, dove però, unica distinzione, la variabile risulta significativa. Per i restanti inquinanti analizzati invece non viene rilevata alcuna dinamica significativa. Questo risulta in linea con lo studio di Cole (2003), secondo il quale la variabile di *trade openness* sembra aggiungere poco alla determinazione della curva EKC stimata considerando il reddito pro capite. Dobbiamo comunque puntualizzare che, a differenza dello studio di Cole, qui ci limitiamo a valutare il caso italiano, non considerando quindi il commercio internazionale tra paesi diversi.

L'introduzione del modello che presenta il capitale pro capite come variabile esplicativa non sembra inoltre apportare grosse incongruenze rispetto a quanto stimato considerando il reddito pro capite come esplicativa.

Nell'analisi per aggregati settoriali, i tre settori sembrano agire congiuntamente come *drivers* delle varie emissioni inquinanti, ma in modo diverso: è soprattutto per manifattura ed industria che si assiste ad una forte presenza non solo di dinamiche EKC con forma a campana, ma anche ad N. Per i servizi invece non tutti gli inquinanti presentano anche una specificazione ad N e per alcuni neppure quella ad U rovesciata risulta significativa. Anche in questo caso l'introduzione della variabile di apertura commerciale non sembra produrre grossi risultati.

Per quanto concerne invece l'analisi orientata a carpire l'esistenza di un eventuale *trade off* tra efficienza ambientale e produttività del fattore lavoro, possiamo considerare che i risultati hanno evidenziato per la maggior parte degli inquinanti la non presenza di dinamiche di questo genere, a discapito di quanti affermano che miglioramenti tecnologici finalizzati all'aumento dell'efficienza dal punto di vista dell'impatto sull'ambiente possono produrre problemi dal punto di vista occupazionale nelle realtà produttive. Lo stesso

continua ad essere vero anche dopo l'aggiunta al modello della variabile di *trade openness* e nell'analisi che considera l'ammontare del capitale netto pro capite.

I risultati sembrano quindi nel complesso apparire positivamente orientati all'esistenza di una dinamica EKC, ed escludere l'esistenza di un *trade off* tra le produttività analizzate.

L'ultimo capitolo dell'elaborato viene dedicato allo studio effettuato su un campione di imprese emiliane, per cercare di valutare gli effetti che l'innovazione, distinta nelle sue diverse forme, può generare, con particolare riferimento alla produttività pro capite (nostra variabile dipendente). Anche in questo senso i risultati prodotti sembrano essere abbastanza interessanti, considerando come tra le esplicative maggiormente significative dello studio econometrico ritroviamo variabili di innovazione di prodotto, di formazione, di ricerca e sviluppo, di certificazione ambientale e di costi di esercizio pro capite riconducibili alla sfera ambientale. L'innovazione di prodotto influenza significativamente e positivamente la produttività, mentre quella di processo non appare mai significativa. Questo può avere un senso se si considerano le imprese del distretto emiliano che, essendo per la maggior parte di piccola-media dimensione, preferiscono affrontare innovazione di prodotto piuttosto che affidarsi a processi innovativi che modifichino i sistemi produttivi, con la quantità di investimenti che questo comporterebbe.

Anche la formazione influisce in senso positivo sulla produttività, in linea con le maggiori correnti teoriche, che ritrovano tra le imprese più disposte ad effettuare *training* per i loro dipendenti quelle più dinamiche ed innovative.

Infine, come sembra ovvio immaginare, anche le imprese che maggiormente investono in R&S, o sopportano costi rivolti ad attività ambientali, riscuotono effetti sulla produttività. Quello che invece lascia perplessi è il fatto che dal modello nessuna variabile di innovazione ambientale appaia significativa. Questo ci porta a pensare che molte delle imprese intervistate abbiano considerato riconducibili all'ambito ambientale anche ricerca e sviluppo in realtà riferita ad altre sfere (es. innovazione di processo, di prodotto, organizzativa, ecc.).

Gli indicatori di certificazione ci forniscono ulteriore materiale di discussione: la variabile ISO14000 risulta sempre impattare positivamente sulla funzione tecnica di produttività che abbiamo introdotto. In questo senso quindi la nostra analisi rimane in linea con altri studi, nei quali l'introduzione di certificazione ambientale sprona l'attività innovativa dell'impresa, producendo indirettamente effetti anche sugli indicatori di performance

economiche, quali la produttività. Secondo Rehfeld, Rennings, Ziegler (2004), che effettuano uno studio su imprese tedesche del settore manifatturiero, le certificazioni EMAS ed ISO 14000 hanno un effetto significativo positivo sull'innovazione ambientale di prodotto. Risultati soddisfacenti nel nostro caso non sono apparsi per EMAS, ma le imprese intervistate che li applicano non erano molto numerose neppure nel campione iniziale; l'ulteriore restrizione potrebbe avere implicazioni in questo senso.

In linea di massima quindi l'analisi ha messo in luce aspetti che ci aspettavamo potessero influire sulla performance produttiva dell'impresa, tuttavia non dobbiamo tralasciare che il campione, dopo la sovrapposizione dei tre database iniziali, ha subito una discreta diminuzione della numerosità delle imprese. Potrebbe risultare interessante per il futuro ripetere l'indagine su un campione più numeroso.

Quanto abbiamo cercato nel complesso di mettere in luce con la stesura di questo elaborato, è l'importanza che l'ambiente sta acquisendo sul frangente economico, impattando in modo non trascurabile sulle scelte dell'impresa e di conseguenza sugli andamenti settoriali. In questo senso le istituzioni dovrebbero adattarsi alle nuove necessità produttive ed ambientali, ponendo in atto misure che incentivino l'adozione di nuove tecnologie per la diminuzione dell'impatto esterno delle attività produttive, nella ricerca di attuare il tanto citato sviluppo sostenibile.

APPENDICE

Tavola 1: Analisi delle variabili

Variabile	Media	Minimo	Massimo
VA/N ¹	53,40	10,77	286,70
K/N ²	148,2607	22,8948	852,6630
TO ³	1,0753	0,0000	8,0176
CO ₂ /N ⁴	64556,9651	466,6686	1255665,83
CH ₄ /N	147,7659	0,1036	2033,9454
N ₂ O/N	8,8794	0,0332	121,7485
NO _x /N	148,7855	1,3650	3051,2215
SO _x /N	308,1990	0,1722	5818,2492
NH ₃ /N	11,3283	0,0016	319,0600
NMVOC/N	156,9375	0,4638	2893,2520
CO/N	120,2550	2,4453	792,9475
PM ₁₀ /N	20,2130	0,1211	281,2251
CO ₂ /VA ⁵	683,2205	4,3056	9081,4158
CH ₄ /VA	2,4677	0,0026	35,5260
N ₂ O/VA	0,1891	0,0002	2,9380
NO _x /VA	2,2297	0,0351	29,8331
SO _x /VA	2,5500	0,0007	56,8875
NH ₃ /VA	0,5373	0,00004	15,5717
NMVOC/VA	2,2776	0,0177	15,8621
CO/VA	2,8131	0,0933	22,2216
PM ₁₀ /VA	0,3267	0,0029	2,7375

¹Valore Aggiunto fratto il numero dei dipendenti.

²Capitale pro capite fratto il numero di dipendenti.

³Variabile di *trade openness*, costruita come specificato nel capitolo 4.

⁴Emissioni di anidride carbonica pro capite.

⁵Emissioni di anidride carbonica fratto valore aggiunto.

Tavola 2: Analisi delle variabili esplicative per settore

	Variabile	Media	Minimo	Massimo
MANIFATTURA	VA/N	47,6365	21,6153	203,8400
	K/N	88,3177	23,5007	417,2558
	TO	1,6983	0,5140	4,4218
INDUSTRIA	VA/N	62,0671	21,6153	286,7000
	K/N	153,0259	22,8947	852,6630
	TO	1,6747	0,0000	8,0176
SERVIZI	VA/N	44,2634	24,7054	98,1815
	K/N	157,5801	23,9340	815,9754
	TO	0,0007	0,0000	0,0055

Tavola 3: Classificazione ATECO

Codice del settore	Classificazione delle attività economiche
A	Agricoltura, caccia, silvicoltura
B	Pesca, piscicoltura e servizi connessi
CA	Estrazione di minerali energetici
CB	Estrazione di minerali non energetici
Industria Manifatturiera	
DA	Industrie alimentari, delle bevande e del tabacco
DB	Industrie tessili e dell'abbigliamento
DC	Industrie conciarie, fabbricazione di prodotti di cuoio, pelle e simili
DD	Industria del legno e dei prodotti in legno
DE	Fabbricazione della pasta-carta della carta e dei prodotti di carta; stampa ed editoria
DF	Fabbricazione di coke, raffinerie di petrolio, trattamento dei combustibili nucleari
DG	Fabbricazione di prodotti chimici, fibre sintetiche e artificiali
DH	Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche
DI	Fabbricazione di prodotti della lavorazione di materiali non metalliferi
DJ	Produzione di metallo e fabbricazione di prodotti in metallo
DK	Fabbricazione di macchine ad apparecchi meccanici
DL	Fabbricazione di macchine elettriche e di apparecchiature elettriche ed ottiche
DM	Fabbricazione di mezzi di trasporto
DN	Altre industrie manifatturiere
E	Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua
F	Costruzioni
Servizi	
G	Commercio all'ingrosso e al dettaglio
H	Alberghi e ristoranti
I	Trasporti, magazzinaggio e comunicazioni
J	Intermediazione monetaria e finanziaria
K	Attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca ed altre
L	Pubblica amministrazione
M	Istruzione
N	Sanità e altri servizi sociali
O	Altri servizi pubblici sociali e personali

Tavola 4: Tabella di correlazione delle variabili esplicative

	log(VA/N)	log(VA/N)2	log(VA/N)3	log(K/N)	log (K/N)2	TO
log(VA/N)	1					
log(VA/N)2	0,994061	1				
log(VA/N)3	0,978591	0,995118	1			
log(K/N)	0,781888	0,786128	0,778281	1		
log (K/N)2	0,786327	0,793778	0,788939	0,994632	1	
TO	0,364784	0,385599	0,404559	0,220469	0,205515	1

Tavole 5.A: Regressioni Econometriche (emissioni CO₂)⁷⁸

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(CO ₂ /N)	REM	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	2,2619*** (0,32)	21,3006*** (6,29)	3,7926*** (0,48)	-4,0877** (1,88)
ln(VA/N) ²	-0,2383*** (0,04)	-4,6714*** (1,54)	-0,3946*** (0,55)	0,4577* (0,23)
ln(VA/N) ³		0,3318*** (0,12)		
COST.	3,7046*** (0,71)			
TEST di Hausman	2,77	16,91	8,37	17,26
n. oss	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura
Dipendente ln(CO ₂ /N)	REM	FEM
ln(VA/N)	1,6911*** (0,35)	24,7809*** (6,45)
ln(VA/N) ²	-0,1646*** (0,04)	-5,6988*** (1,61)
ln(VA/N) ³		0,4254*** (0,12)
TO	0,0733*** (0,01)	
ln(TO)		0,1439*** (0,70)
COST.	-4,7002*** (0,75)	
TEST di Hausman	4,65	29,35
n. oss.	319	154

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(CO ₂ /N)	REM	FEM	REM	REM
ln(K/N)	0,6060*** (0,06)	0,7922*** (0,10)	0,7731*** (0,08)	-2,1372*** (0,52)
ln(K/N) ²				0,2388*** (0,05)
Cost.	6,0632*** (0,41)		5,6542*** (0,51)	12,4355*** (1,21)
Test di Hausman	0,67	9,04	1,60	3,08
n. oss.	319	154	198	99

⁷⁸ Il valore del test F non viene riportato per evitare ripetizioni, in quanto risulta sempre significativo, con prob. .0000.

Dipendente ln(CO ₂ /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria
	REM	FEM	REM
ln(K/N)	0,5362*** (0,07)	0,5760*** (0,13)	0,6142*** (0,10)
TO	0,0400*** (0,01)		
ln(TO)		0,1419** (0,60)	0,1364*** (0,05)
Cost	6,3277*** (0,42)		
Test di Hausman	2,54	18,68	15,31
n. oss.	319	154	187

Tavole 5.B: Regressioni Econometriche (emissioni N₂O)

Dipendente ln(N ₂ O/N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria
	REM	FEM	FEM
ln(VA/N)	1,6672*** (0,38)	4,2803*** (0,56)	4,1513*** (0,62)
ln(VA/N) ²	-0,1220** (0,04)	-0,3996*** (0,06)	-0,3787*** (0,07)
COST.	-4,7582*** (0,86)		
TEST di Hausman	0,07	10,09	10,07
n. oss	319	154	198

Dipendente ln(N ₂ O/N)	Tutti i settori	Manifattura
	REM	FEM
ln(VA/N)	0,7237*** (0,08)	28,3943*** (6,85)
ln(VA/N) ²		-6,7790*** (1,71)
ln(VA/N) ³		0,5369*** (1,37)
TO	0,1379*** (0,02)	
ln(TO)		0,3660*** (0,07)
COST.	-3,1328*** (0,46)	
TEST di Hausman	1,22	29,13
n. oss.	319	154

Dipendente ln(N ₂ O/N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria
	REM	FEM	REM
ln(K/N)	0,7981*** (0,08)	5,1874*** (0,76)	1,0298*** (0,10)
ln(K/N) ²		-0,4987*** (0,09)	
Cost.	-3,8003*** (0,49)		-4,6194*** (0,63)
Test di Hausman	0,01	15,72	0,12
n. oss.	319	154	198

Dipendente ln(N ₂ O/N)	Tutti i settori	Manifattura
	REM	FEM
ln(K/N)	0,71142*** (0,08)	5,0154*** (0,75)
ln(K/N) ²		-0,506*** (0,08)
TO	0,0493** (0,02)	
ln(TO)		0,156** (0,06)
Cost	-3,4715*** (0,51)	
Test di Hausman	0,55	18,60
n. oss.	319	154

Tavole 5.C: Regressioni Econometriche (emissioni CH₄)

Dipendente ln(CH ₄ /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	FEM	REM	FEM	REM
ln(VA/N)	2,0527*** (0,67)	5,9081*** (0,60)	6,0885*** (0,75)	-2,0818*** (0,50)
ln(VA/N) ²	-0,1966** (0,08)	-0,5594*** (0,07)	-0,5949*** (0,08)	
COST.		-13,073*** (1,35)		7,9805*** (2,01)
TEST di Hausman	10,85	4,83	20,37	1,17
n. oss	319	154	198	99

		Manifattura
Dipendente ln(CH₄/N)		FEM
ln(VA/N)		3,6941*** (0,92)
ln(VA/N) ²		-0,3051*** (0,10)
ln(TO)		0,2432*** (0,79)
COST.		
TEST di Hausman		7,12
n. oss.		154

Dipendente ln(CH₄/N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	FEM	FEM	FEM	REM
ln(K/N)	1,3372** (0,63)	6,7131*** (1,00)	5,2257*** (0,58)	-8,4917*** (1,28)
ln(K/N) ²	-0,1555** (0,06)	-0,6982*** (0,12)	-0,5384*** (0,05)	0,8704*** (0,14)
Cost.				19,7184*** (2,98)
Test di Hausman	11,74	10,41	47,33	2,68
n. oss.	319	154	198	99

Dipendente ln(CH₄/N)	Manifattura	Industria
	FEM	FEM
ln(K/N)	6,2537*** (0,92)	5,3222*** (0,57)
ln(K/N) ²	-0,7193*** (0,11)	-0,5720*** (0,05)
ln(TO)	0,4165*** (0,08)	0,2987*** (0,08)
Test di Hausman	17,65	52,59
n. oss.	154	198

Tavole 5.D: Regressioni Econometriche (emissioni NH₃)

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NH₃/N)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	12,7449*** (2,04)	41,015*** (3,17)	33,5285*** (2,93)	4,7326*** (1,03)
ln(VA/N)²	-1,1661*** (0,25)	-4,361*** (0,37)	-3,4084*** (0,33)	
TEST di Hausman	15,44	10,02	16,91	6,21
n. oss	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(NH₃/N)	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-27,7190*** (9,92)	19,3382*** (4,39)	-6,6199*** (1,44)
ln(VA/N)²	8,5543*** (2,64)	-1,8406*** (0,51)	0,3241** (0,13)
ln(VA/N)³	-0,7339*** (0,22)		
TO	0,9349*** (0,11)		
ln(TO)		2,4169*** (0,37)	-1,0263*** (0,20)
TEST di Hausman	44,25	11,32	61,25
n. oss.	319	154	198

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NH₃/N)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	8,4965*** (1,58)	9,051*** (0,58)	15,7522*** (1,82)	3,5572*** (0,75)
ln(K/N)²	-0,2969* (0,16)		-0,8525*** (0,18)	
Test di Hausman	75,23	54,58	108,07	14,85
n. oss.	319	154	198	99

Dipendente ln(NH ₃ /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria
	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	8,8013*** (1,51)	6,2837*** (0,71)	12,3024*** (1,88)
ln(K/N) ²	-0,4406*** (0,16)		-0,6793*** (0,17)
TO	0,5559*** (0,10)		
ln(TO)		1,8166*** (0,31)	1,5654*** (0,26)
Test di Hausman	57,02	24,96	55,22
n. oss.	319	154	198

Tavole 5.E: Regressioni Econometriche (emissioni NO_x)

Dipendente ln(NO _x /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	FEM	FEM	REM	FEM
ln(VA/N)	9,0879*** (2,75)	1,8772*** (0,59)	3,1457*** (0,63)	-11,6062*** (3,72)
ln(VA/N) ²	-2,1249*** (0,72)	-0,1455** (0,07)	-0,3250*** (0,07)	1,2686*** (0,47)
ln(VA/N) ³	0,1599*** (0,06)			
COST.			-3,6535*** (1,40)	
TEST di Hausman	15,69	7,51	16,91	23,51
n. oss	319	154	198	99

Dipendente ln(NO _x /N)	Industria
	FEM
ln(VA/N)	4,5513*** (0,89)
ln(VA/N) ²	-0,4889*** (0,10)
ln(TO)	-0,1865** (0,08)
COST.	
TEST di Hausman	13,18
n. oss.	198

Dipendente ln(NO _x /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	FEM	FEM	FEM	REM
ln(K/N)	1,0519** (0,48)	3,4798*** (0,79)	2,7629*** (0,46)	-3,4208*** (1,09)
ln(K/N) ²	-0,1022** (0,05)	-0,3436*** (0,09)	-0,2626*** (0,04)	0,3367*** (0,11)
Cost.				10,8763*** (2,50)
Test di Hausman	5,99	14,38	7,68	5,82
n. oss.	319	154	198	99

Dipendente ln(NO _x /N)	Tutti i settori	Manifattura
	FEM	FEM
ln(K/N)	8,8013*** (1,51)	3,6329*** (0,79)
ln(K/N) ²	-0,4406*** (0,16)	-0,3366*** (0,09)
TO	0,5559*** (0,10)	
ln(TO)		-0,1388*** (0,06)
Test di Hausman	57,02	17,16
n. oss.	319	154

Tavole 5.F: Regressioni Econometriche (emissioni SO_x)

Dipendente ln(SO _x /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-13,1458*** (1,56)	-22,7816*** (2,12)	-20,9948*** (2,16)	-38,2472*** (9,33)
ln(VA/N) ²	1,2241*** (0,19)	2,3418*** (0,25)	2,0850*** (0,24)	4,1912*** (1,18)
TEST di Hausman	42,80	52,75	44,68	41,71
n. oss	319	154	198	99

Dipendente ln(SO _x /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria
	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-7,4402*** (1,56)	-8,8081*** (2,96)	-7,2708*** (2,41)
ln(VA/N) ²	0,4844** (0,19)	0,7169** (0,34)	0,5283* (0,27)
TO	-0,7271*** (0,08)		
ln(TO)		-1,558*** (0,25)	-1,7536*** (0,21)
COST.			
TEST di Hausman	60,73	56,78	41,81
n. oss.	319	154	198

Dipendente ln(SO _x /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-11,4864*** (1,28)	-12,1415*** (2,80)	-10,7430*** (1,40)	-18,3888*** (2,51)
ln(K/N) ²	0,7449*** (0,13)	0,8382** (0,33)	0,6020*** (0,14)	1,7173*** (0,28)
Test di Hausman	118,63	83,55	102,94	28,50
n. oss.	319	154	198	99

Dipendente ln(SO _x /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria
	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-11,7141*** (1,23)	-10,9167*** (2,60)	-6,6199*** (1,44)
ln(K/N) ²	0,8522*** (0,13)	0,309*** (0,30)	0,3241** (0,13)
TO	-0,4153*** (0,08)		
ln(TO)		-1,1103*** (0,22)	-1,0263*** (0,20)
Test di Hausman	95,16	53,22	61,25
n. oss.	319	154	198

Tavole 5.G: Regressioni Econometriche (emissioni NMVOC)

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NMVOC/N)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-2,5515** (1,05)	-3,1158*** (0,52)	-1,8128** (0,83)	-24,0162** (9,56)
ln(VA/N) ²	0,2657*** (0,13)	0,3913*** (0,06)	0,2369** (0,09)	2,4748** (1,21)
TEST di Hausman	11,27	10,09	6,02	29,64
n. oss	319	154	198	99

	Industria
Dipendente ln(NMVOC/N)	FEM
ln(VA/N)	2,8002** (1,10)
ln(VA/N) ²	-0,2870** (0,12)
ln(TO)	-0,59*** (0,10)
COST.	
TEST di Hausman	10,43
n. oss.	198

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NMVOC/N)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-1,1469*** (0,22)	2,1029*** (0,73)	2,4272*** (0,51)	-12,9748*** (2,78)
ln(K/N) ²		0,302*** (0,08)	0,3408*** (0,05)	1,2128*** (0,31)
Test di Hausman	24,31	26,38	34,54	13,25
n. oss.	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(NMVOC/N)	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-0,9161*** (0,24)	-2,4581*** (0,67)	3,6480*** (0,56)
ln(K/N) ²		-0,2866*** (0,07)	-0,4161*** (0,05)
TO	-0,1258** (0,06)		
ln(TO)		-0,3219*** (0,05)	-0,3871*** (0,08)
Cost			
Test di Hausman	33,64	19,75	21,34
n. oss.	319	154	198

Tavole 5.H: Regressioni Econometriche (emissioni CO)

Dipendente ln(CO/N)	Manifattura	Industria	Servizi
	REM	REM	FEM
ln(VA/N)	3,7073*** (0,74)	3,2142*** (0,76)	-33,1075*** (10,36)
ln(VA/N) ²	-0,3857*** (0,08)	-0,3188*** (0,08)	3,4890*** (1,31)
COST.	-4,6225*** (1,57)	-3,6399** (1,65)	
TEST di Hausman	5,22	2,83	40,06
n. oss	154	198	99

Dipendente ln(CO/N)	Tutti i settori	Servizi
	FEM	FEM
ln(K/N)	-4,2256*** (1,05)	-16,9606*** (2,96)
ln(K/N) ²	0,3915*** (0,11)	1,5760*** (0,33)
Test di Hausman	14,67	26,12
n. oss.	319	99

Tavole 5.I: Regressioni Econometriche (emissioni PM₁₀)

Dipendente ln(PM ₁₀ /N)	Tutti i settori	Industria	Servizi
	REM	FEM	FEM
ln(VA/N)	1,5600*** (0,40)	2,0817*** (0,60)	-10,4535*** (2,30)
ln(VA/N) ²	-0,1619*** (0,05)	-0,2066*** (0,06)	1,1989*** (0,29)
COST.	-2,1738** (0,87)		
TEST di Hausman	1,29	7,94	18,72
n. oss	319	198	99

Dipendente ln(PM ₁₀ /N)	Tutti i settori	Industria
	REM	FEM
ln(VA/N)	2,0551*** (0,44)	3,6956*** (0,85)
ln(VA/N) ²	-0,2258*** (0,05)	-0,3898*** (0,09)
TO	-0,0638** (0,02)	
ln(TO)		-0,2078*** (0,07)
COST.	-3,0385*** (0,93)	
TEST di Hausman	2,50	11,17
n. oss.	319	198

Dipendente ln(PM ₁₀ /N)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	1,7473*** (0,37)	5,1553*** (0,76)	2,6523*** (0,42)	-0,6838*** (0,19)
ln(K/N) ²	-0,1789*** (0,03)	-0,5741*** (0,09)	-0,2609*** (0,04)	
Test di Hausman	6,13	19,82	6,07	5,04
n. oss.	319	154	198	99

Dipendente ln(PM ₁₀ /N)	Manifattura	Industria
	FEM	FEM
ln(K/N)	5,3431*** (0,75)	3,2684*** (0,48)
ln(K/N) ²	-0,5654*** (0,08)	-0,3032*** (0,04)
ln(TO)	-0,1702*** (0,06)	-0,1437** (0,06)
Test di Hausman	18,72	13,46
n. oss.	154	198

Tavole 6.A: Regressioni Econometriche (emissioni CO₂)⁷⁹

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(CO ₂ /VA)	REM	FEM	REM	REM
ln(VA/N)	-0,5948*** (0,07)	-0,7210*** (0,11)	-0,5529*** (0,09)	-1,4273*** (0,19)
COST.	7,2214*** (0,40)		7,3823*** (0,55)	9,5219*** (0,79)
TEST di Hausman	2,11	13,80	2,35	1,87
n. oss	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(CO ₂ /VA)	REM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-0,5901*** (0,07)	-0,8149*** (0,09)	-0,6437*** (0,08)
TO	0,1061*** (0,01)		
ln(TO)		0,3027*** (0,04)	0,3114*** (0,04)
COST.	7,0895*** (0,39)		
TEST di Hausman	4,70	25,04	26,46
n. oss.	319	154	198

	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(CO ₂ /VA)	FEM	REM	REM
ln(K/N)	0,4123*** (0,13)	0,3627*** (0,09)	-0,4794*** (0,15)
Cost.		3,6306*** (0,05)	6,3416*** (0,74)
Test di Hausman	4,82	0,41	2,68
n. oss.	154	198	99

	Tutti i settori
Dipendente ln(CO ₂ /VA)	FEM
ln(K/N)	0,1922** (0,08)
TO	0,1336*** (0,02)
Test di Hausman	6,65
n. oss.	319

⁷⁹ Anche in questo caso il valore del test F non viene riportato per evitare ripetizioni, in quanto risulta sempre significativo, con prob. .0000.

Tavole 6.B: Regressioni Econometriche (emissioni N₂O)

Dipendente ln(N ₂ O/VA)	Tutti i settori
	REM
ln(VA/N)	-0,2841*** (0,08)
COST.	-2,9551*** (0,48)
TEST di Hausman	0,03
n. oss	319

Dipendente ln(N ₂ O/VA)	Tutti i settori
	REM
ln(VA/N)	-0,2762*** (0,08)
TO	0,1379*** (0,02)
COST.	-3,1328*** (0,46)
TEST di Hausman	1,22
n. oss.	319

Dipendente ln(N ₂ O/VA)	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
	REM	FEM	REM	REM
ln(K/N)	0,2598*** (0,08)	0,6673*** (0,10)	0,6120*** (0,10)	-0,3225*** (0,14)
Cost.	-5,1595*** (0,51)		-6,6103*** (0,63)	-3,4516*** (0,76)
Test di Hausman	0,00	5,62	0,03	0,25
n. oss.	319	154	198	99

Dipendente ln(N ₂ O/VA)	Manifattura	Industria
	FEM	REM
ln(K/N)	0,3220** (0,14)	0,4253*** (0,12)
TO		
ln(TO)	0,2266*** (0,06)	
Test di Hausman	8,79	5,22
n. oss.	154	198

Tavole 6.C: Regressioni Econometriche (emissioni CH₄)

Dipendente ln(CH ₄ /VA)	Tutti i settori	Servizi
	FEM	REM
ln(VA/N)	-0,4783*** (0,15)	-3,0818*** (0,50)
COST.		7,9805*** (2,01)
TEST di Hausman	5,19	1,17
n. oss	319	99

Dipendente ln(CH ₄ /VA)	Tutti i settori	Manifattura	Industria
	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-0,6371*** (0,14)	0,2363* (0,13)	-0,3650** (0,14)
Test di Hausman	11,37	4,70	32,70
n. oss.	319	154	198

Dipendente ln(CH ₄ /VA)	Tutti i settori	Industria
	FEM	FEM
ln(K/N)	-0,8938*** (0,16)	-1,0401*** (0,16)
TO	0,1400*** (0,04)	
ln(TO)		0,6258*** (0,08)
Test di Hausman	14,34	54,13
n. oss.	319	198

Tavole 6.D: Regressioni Econometriche (emissioni NH₃)

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NH ₃ /VA)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	2,6630*** (0,47)	3,8061*** (0,81)	3,4418*** (0,65)	3,7326*** (1,03)
TEST di Hausman	16,87	6,22	13,84	6,21
n. oss	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(NH ₃ /VA)	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	2,7464*** (0,39)	2,7353*** (0,53)	2,6774*** (0,45)
TO	1,1067*** (0,09)		
ln(TO)		3,4531*** (0,25)	3,3223*** (0,23)
TEST di Hausman	39,84	13,40	54,23
n. oss.	319	154	198

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NH ₃ /VA)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	5,2187*** (0,37)	8,6716*** (0,56)	7,1348*** (0,44)	3,0345*** (0,74)
Test di Hausman	76,71	60,11	115,56	12,99
n. oss.	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(NH ₃ /VA)	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	4,1229*** (0,40)	5,7752*** (0,67)	4,8498*** (0,50)
TO	0,5976*** (0,10)		
ln(TO)		1,9009*** (0,30)	1,9323*** (0,25)
Test di Hausman	60,41	27,95	58,45
n. oss.	319	154	198

Tavole 6.E: Regressioni Econometriche (emissioni NO_x)

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NO _x /VA)	REM	FEM	REM	FEM
ln(VA/N)	-0,7602*** (0,11)	-0,3311*** (0,10)	-0,6323*** (0,11)	-2,6545*** (0,40)
Cost	2,4654*** (0,50)		2,0904*** (0,56)	
TEST di Hausman	1,44	5,50	2,59	6,31
n. oss	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Servizi
Dipendente ln(NO _x /VA)	FEM	REM	FEM
ln(K/N)	-0,4308*** (0,12)	0,3010*** (0,11)	-1,3928*** (0,33)
Cost		-1,7228*** (0,54)	
Test di Hausman	4,69	2,77	8,63
n. oss.	319	154	99

	Tutti i settori
Dipendente ln(NO _x /VA)	FEM
ln(K/N)	-0,5558*** (0,13)
TO	0,0681** (0,03)
ln(TO)	
Test di Hausman	11,39
n. oss.	319

Tavole 6.F: Regressioni Econometriche (emissioni SO_x)

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(SO _x /VA)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-4,6122*** (0,37)	-4,3392*** (0,49)	-4,2017*** (0,45)	-6,3710*** (1,04)
TEST di Hausman	47,74	47,55	28,56	16,30
n. oss	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(SO _x /VA)	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-4,6743*** (0,31)	-3,7309*** (0,35)	-3,6897*** (0,31)
TO	-0,8249*** (0,07)		
ln(TO)		-1,9616*** (0,16)	-2,0479*** (0,15)
TEST di Hausman	68,34	55,16	35,44
n. oss.	319	154	198

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(SO _x /VA)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-5,1597*** (0,32)	-5,5638*** (0,44)	-5,3462*** (0,36)	-4,2305*** (0,79)
Test di Hausman	123,29	92,86	89,71	22,52
n. oss.	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(SO _x /VA)	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-4,7313*** (0,37)	-4,0373*** (0,58)	-3,8774*** (0,43)
TO	-0,2336** (0,09)		
ln(TO)		-1,0018*** (0,25)	-1,0304*** (0,22)
Test di Hausman	106,07	60,57	46,79
n. oss.	319	154	198

Tavole 6.G: Regressioni Econometriche (emissioni NMVOC)

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NMVOC/VA)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-1,4818*** (0,23)	-0,8664*** (0,10)	-0,7912*** (0,15)	-5,6038*** (1,02)
TEST di Hausman	12,11	6,33	6,04	15,96
n. oss	319	154	198	99

	Tutti i settori	Manifattura	Industria
Dipendente ln(NMVOC/VA)	FEM	FEM	FEM
ln(VA/N)	-1,4998*** (0,23)	-0,7677*** (0,09)	-0,6886*** (0,14)
TO	-0,2384*** (0,05)		
ln(TO)		-0,3184*** (0,04)	-0,4376*** (0,07)
TEST di Hausman	27,70	6,88	6,98
n. oss.	319	154	198

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(NMVOC/VA)	FEM	FEM	FEM	FEM
ln(K/N)	-1,6871*** (0,22)	-0,7919*** (0,12)	-1,2604*** (0,12)	-3,1292*** (0,80)
Test di Hausman	26,56	6,93	21,51	12,29
n. oss.	319	154	198	99

	Manifattura
Dipendente ln(NMVOC/VA)	REM
ln(K/N)	-0,3395** (0,15)
TO	
ln(TO)	-0,2641*** (0,06)
Cost	2,2503*** (0,69)
Test di Hausman	4,57
n. oss.	154

Tavole 6.H: Regressioni Econometriche (emissioni CO)

	Tutti i settori	Manifattura	Industria	Servizi
Dipendente ln(CO/VA)	FEM	REM	REM	FEM
ln(VA/N)	-1,4323*** (0,26)	-0,4881*** (0,13)	-0,5124*** (0,13)	-6,7397*** (1,13)
Cost		1,8359*** (0,57)	2,0007*** (0,56)	
TEST di Hausman	6,01	3,31	2,01	22,97
n. oss	319	154	198	99

	Manifattura	Industria
Dipendente ln(CO/VA)	REM	FEM
ln(VA/N)	-0,5691*** (0,13)	-0,6084*** (0,11)
ln(TO)	-0,2518*** (0,06)	-0,1850*** (0,06)
Cost	2,0386*** (0,54)	
TEST di Hausman	5,38	12,30
n. oss.	154	198

	Tutti i settori	Manifattura	Servizi
Dipendente ln(CO/VA)	FEM	REM	FEM
ln(K/N)	-1,1564*** (0,25)	0,3067** (0,14)	-4,0102*** (0,88)
Cost		-1,2789* (0,67)	
Test di Hausman	13,63	0,01	19,58
n. oss.	319	154	99

	Tutti i settori	Industria
Dipendente ln(CO/VA)	FEM	FEM
ln(K/N)	-1,5151*** (0,28)	-0,3831** (0,15)
TO	0,1956*** (0,07)	
ln(TO)		0,2708*** (0,08)
Test di Hausman	28,90	13,44
n. oss.	319	198

Tavole 6.I: Regressioni Econometriche (emissioni PM₁₀)

	Manifattura	Servizi
Dipendente ln(PM₁₀/VA)	FEM	FEM
ln(VA/N)	-0,3758*** (0,10)	-2,0489*** (0,26)
Cost	1,8359*** (0,57)	
TEST di Hausman	6,61	3,88
n. oss	154	99

	Industria	Servizi
Dipendente ln(PM₁₀/VA)	REM	FEM
ln(K/N)	-0,2149* (0,11)	-1,2065*** (0,21)
Cost	-1,2039* (0,62)	
Test di Hausman	2,33	8,10
n. oss.	198	99

Tavola 7.A: Matrice di correlazione tra le variabili esplicative

	innoem	innowa	innomat	innoen	innototenv	net1em	net1wa	net1mat	net1en	nettot	certif	emas	iso9000	iso14000	polwas	polem	rsn	costn	outs_collateral	fleximp	dipform	innoproduct	innoproc	bonus	defindic	
innoem	1,00																									
innowa	0,33	1,00																								
innomat	0,11	0,19	1,00																							
innoen	0,42	0,10	0,11	1,00																						
innototenv	0,74	0,64	0,53	0,65	1,00																					
net1em	0,54	0,19	0,13	0,17	0,41	1,00																				
net1wa	0,28	0,62	0,25	0,06	0,47	0,36	1,00																			
net1mat	-0,12	0,00	0,45	0,05	0,14	-0,06	0,04	1,00																		
net1en	0,29	0,01	0,02	0,60	0,36	0,36	-0,01	0,02	1,00																	
nettot	0,47	0,37	0,31	0,40	0,61	0,76	0,62	0,29	0,63	1,00																
certif	0,33	0,32	0,11	0,23	0,39	0,29	0,23	-0,10	0,06	0,23	1,00															
emas	0,19	0,09	0,02	0,19	0,19	0,05	0,05	-0,05	-0,11	-0,02	0,28	1,00														
iso9000	0,15	0,22	0,06	0,21	0,25	0,08	0,08	-0,04	0,04	0,08	0,74	0,07	1,00													
iso14000	0,31	0,19	0,13	0,13	0,30	0,28	0,14	-0,13	0,03	0,17	0,65	0,26	0,10	1,00												
polwas	0,19	0,24	0,17	0,14	0,29	0,25	0,25	0,02	0,18	0,31	0,13	-0,01	0,02	0,16	1,00											
polem	0,28	0,09	0,04	0,17	0,23	0,19	0,13	-0,02	0,23	0,25	0,11	-0,03	0,09	0,11	0,48	1,00										
rsn	0,08	-0,02	-0,13	0,12	0,02	-0,07	-0,03	-0,07	0,21	0,04	-0,05	0,05	-0,03	-0,04	-0,06	0,14	1,00									
costn	0,03	0,24	-0,15	0,02	0,06	-0,10	0,19	-0,09	-0,02	0,00	0,06	0,01	0,10	-0,07	0,00	0,02	0,20	1,00								
outs_collateral	0,06	-0,23	-0,09	0,10	-0,06	0,10	-0,19	0,01	0,31	0,11	-0,24	-0,05	-0,24	-0,08	0,04	0,08	0,01	-0,02	1,00							
fleximp	0,07	-0,03	0,04	-0,08	0,00	0,11	-0,12	-0,01	0,01	0,00	0,10	-0,02	0,13	0,04	0,06	0,04	0,06	-0,08	-0,10	1,00						
dipform	0,24	0,09	-0,01	-0,09	0,09	0,18	0,14	-0,12	-0,13	0,05	0,24	-0,04	0,26	0,13	0,16	-0,03	-0,06	0,03	-0,15	0,13	1,00					
innoproduct	-0,18	-0,04	-0,12	-0,06	-0,16	-0,10	0,05	-0,05	-0,11	-0,09	-0,12	-0,03	-0,09	-0,08	-0,01	0,11	-0,01	-0,05	0,00	0,24	0,21	1,00				
innoproc	0,27	0,08	-0,04	0,02	0,13	0,16	0,10	0,00	0,03	0,13	-0,02	0,12	-0,08	0,00	0,28	-0,03	-0,14	0,01	0,08	0,01	0,13	0,30	1,00			
bonus	0,05	0,05	-0,01	0,05	0,06	-0,16	0,04	-0,04	-0,05	-0,09	0,08	0,14	0,09	0,05	0,06	0,17	0,04	-0,06	-0,06	0,04	0,01	0,14	1	1,00		
defindic	0,14	-0,07	0,00	0,04	0,05	0,04	-0,01	-0,06	0,03	0,01	0,11	-0,08	0,04	0,21	0,03	0,10	-0,02	-0,19	0,02	0,24	0,32	0,11	9	0,30	1,00	

Tavola 8: Statistiche descrittive delle variabili

DENOMINAZIONE	DEFINIZIONE	MEDIA	MIN	MAX
VAN	Valore aggiunto pro capite	54,27	0	173.73
INNOEM	Dummy di innovazione ambientale (emissioni)	0,49	0	1
INNOWA	Dummy di innovazione ambientale (rifiuti)	0,42	0	1
INNOMAT	Dummy di innovazione ambientale (materiali prod.)	0,29	0	1
INNOEN	Dummy di innovazione ambientale (energia)	0,49	0	1
INNOTOTEN	Variabile di innovazione ambientale totale	0,42	0	1
NET1EM	Dummy variabile di network (emissioni)	0,22	0	1
NET1WA	Dummy variabile di network (rifiuti)	0,22	0	1
NET1MAT	Dummy variabile di network (mat. prod.)	0,07	0	1
NET1EN	Dummy variabile di network (energia)	0,25	0	1
NETTOT	Variabile di network (totale)	0,19	0	0,75
EMAS	Dummy di certificazione EMAS	0,33	0	1
ISO9000	Dummy di certificazione (ISO9000)	0,19	0	1
ISO14000	Dummy di certificazione (ISO14000)	0,15	0	1
POLWAS	Dummy di policy (rifiuti/energia)	0,68	0	1
POLEM	Dummy di policy (emissioni)	0,74	0	1
RSN	Spese di R&S pro capite (in milioni di Euro)	0,001	0	0,04
COSTN	Costi di esercizio pro capite (in milioni d Euro)	0,001	0	0,02
SIZE	Dimensione	233,50	50	2339
ALIM	Dummy di appartenenza settoriale	0,22	0	1
LEGN	Dummy di appartenenza settoriale	0,22	0	1
TESS	Dummy di appartenenza settoriale	0,44	0	1
CHEM	Dummy di appartenenza settoriale	0,44	0	1
METALM	Dummy di appartenenza settoriale	0,62	0	1
CERAMIC	Dummy di appartenenza settoriale	0,20	0	1
FATTNAZ	% FatturatoTotale su territorio nazionale	0,48	0	0,97
GRUPPCON	Dummy appartenenza a gruppi o consorzi	0,30	0	1
LIVGERFU	Livello di gerarchia dell'impresa	0,28	0,13	1
SKILLUNS	Rapporto lavoratori qualificati e non	0,85	0	3,36
OUTS_COL	Dummy di Outsourcing	0,28	0	1
FLEXIMP	Dummy di flessibilità dell'impresa	0,36	0	1
DIPFORM	Dummy di presenza formazione dei dipendenti	0,48	0	1
INNOPROD	Dummy di presenza innovazione prodotto	0,03	0	1
INNOPROC	Dummy di presenza innovazione processo	0,71	0	1
BONUS	Dummy di bonus e altri incentivi	0,33	0	1
DEFINDIC	Indice di presenza di relazioni industriali	0,28	0,02	0,71

Tavola 9: Regressioni econometriche

<i>Modello</i>	<i>OLS corretti per eteroschdasticità</i>			
Dip. VA/N	1	2	3	4
COST	46,266***	47,768***	44,901***	46,013***
SIZE	0,009*	0,009*	0,006	0,009*
ALIM	-32,448***	-36,608**	-37,054***	-29,949**
LEGN	-6,070	4,896	16,500	13,630
TESS	-19,663	-22,362	-20,629	-18,384
CHEM	-28,721*	-28,072*	-30,624**	-23,211
METALM	-19,043	-19,723	-17,703	-14,211
CERAMIC	-5,930	-5,936	-7,258	1,008
FATNAZ	-3,501	-0,696	-2,019	-2,817
GRUPPCONS	-16,934***	-16,909***	-16,648***	-16,068***
LIVGERFU	-0,158	6,868	6,755	7,672
SKILLUNS	2,604	2,527	1,873	2,745
OUTS_COL			11,931	
FLEXIMP	15,986	11,605	13,037	14,157
DIPFORM	12,266*	12,746**	17,204***	15,631**
ISO14000	19,157**	17,737**	19,095**	19,581**
POLWAS				-7,677**
RSN	606,544***			706,034***
COSTN		-1132,706*	-1341,038**	-1423,619**
INNOPROD	16,411**	14,776**	9,446	14,121*
BONUS			22,764***	
DEFINDIC	36,880*	30,557		29,276
<i>F-Test (prob)</i>	<i>2,42 (0,0050)</i>	<i>2,44 (0,0047)</i>	<i>2,83(0,0010)</i>	<i>2,58 (0,0022)</i>
<i>Adj R²</i>	<i>0,2158</i>	<i>0,2176</i>	<i>0,2720</i>	<i>0,2538</i>
<i>Durbin-Watson stat.</i>	<i>2,05</i>	<i>2,05</i>	<i>1,91</i>	<i>2,00</i>
<i>n.</i>	<i>89</i>	<i>89</i>	<i>89</i>	<i>89</i>

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Alpay S. (2001), *Can Environmental Regulations be Compatible with Higher International Competitiveness? Some New Theoretical Insights*, nota di lavoro FEEM, n. 56, Milano, FEEM.
- Anderson J.E., Van Wincoop E. (2004), Trade Costs, *Journal of Economic Literature*, vol. XLII, September, pp. 691-751.
- Androni J., Levinson A (1998), *The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve*, NBER Working Paper n. 6739, National Bureau of Economic Research.
- Ankarhem M. (2001), A Dual Assessment of the Environmental Kuznets Curve: The Case of Sweden, *Journal of Public Economics*, vol. 80, n. 2, pp. 269-286.
- ANPA (1999), Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria. Primo rapporto ANPA sugli indicatori di pressione e di stato dell'ambiente atmosferico, *Serie Stato dell'Ambiente*, n. 6.
- Antonioli D., Delsoldato L., Mazzanti M., Pini P. (2007), *Dinamiche innovative, relazioni industriali, performance nelle imprese manifatturiere. II^ indagine sul sistema locale di Reggio Emilia*, Milano, Franco Angeli, in corso di stampa.
- Antonioli D., Mazzanti M., Pini P., Tortia E. (2004), Organisational and Technological Innovations in Manufacturing Firms: Diffusion and Determinants, *Economia Politica*, anno XXI, n.1, pp. 1-52.
- APAT (2003), *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2001*, Roma, Rapporti 42/2004, APAT.
- APAT (2005-06), *Annuario dei dati ambientali*, Roma, APAT.
- Bartel A.P., Ichniowski C., Shaw K.L. (2005), *How does Information Technology Really Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement and Worker Skills*, NBER Working Paper Series, Working Paper n. 11773, Cambridge, National Bureau of Economic Research.
- Beise M., Rennings K. (2001), *Lead Markets of Environmental Innovations: A Framework for Innovation and Environmental Economics*, Discussion Paper n. 03-01, Centre for European Economic Research.

- Bernauer T., Engels S., Kammerer D., Seijas J. (2006), *Explaining Green Innovation. Ten Years after Porter's Win-Win Proposition: How to Study the Effects of Regulation on Corporate Environmental Innovation?*, Working Paper n. 17, ETH Zurich and University of Zurich.
- Black S.E., Lynch L.M. (2001), How to Compete: the Impact of Workplace Practices and Information Technology on Productivity, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 83, n. 3, August, pp. 434–445.
- Borghesi S. (1999), *The Environmental Kuznets Curve: a Survey of the Literature*, , nota di lavoro FEEM, n. 85, Milano, FEEM.
- Brock W.A., Taylor M.S. (2004), *The Green Solow Model*, Working Paper, n. 2004-16, Madison, Social Sciences and Research Institute University of Wisconsin.
- Caratti P., Ferraguto L., Riboldi C. (2006), *Sustainable Development Data Availability on the Internet*, nota di lavoro FEEM, n.125, Milano, FEEM.
- Carraro C., Soubeyran A. (1998), R&D Cooperation, Innovation Spillovers and Firm Location in a Model of Environmental Policy, *Environmental and Resource Economics*, vol. 11, n. 3-4, April, pp. 365-381.
- Cellino R. (1999) (a cura di), *Economisti ambientali italiani*, Milano, Franco Angeli.
- Cole M.A. (2003), Development, trade, and the environment: how robust is the Environmental Kuznets Curve?, *Environment and Development Economics*, vol. 8, pp. 557-580.
- Collins A., Harri R.I.D. (2005), The Impact of Foreign Ownership and Efficiency on Pollution Abatement Expenditure by Chemical Plants: some Uk Evidence, *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 52, n.5, November, pp. 747-767.
- Copeland B.R., Taylor M.S. (2003), *Trade, Growth and the Environment*, NBER working paper n. 9823, Cambridge, National Bureau of Economic Research.
- Curzio A.Q., Zoboli R. (1995) (a cura di), *Ambiente e dinamica globale. Scienza economica e tecnologia a confronto*, Bologna, Il Mulino.
- De Clercq M., Verbeke T. (2002), *Environmental quality and economic growth*, Working Paper 2002/128, Ghent University.
- Ekins P., Venn A. (2006), Assessing innovation dynamics induced by environmental policy: Report of Workshop at the European Commission, Brussels on 21 June 2006, *Policy Studies Institute Report*, July 2006.

- Fronzel M., Horbach J., Rennings K. (2004), *What Triggers Environmental Management and Innovation? Empirical Evidence for Germany*, Discussion Paper n. 15, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Fronzel M., Jens Horbach J., Rennings K. (2004), *End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions Across OECD Countries*, Discussion Paper n. 04-82, Centre for European Economic Research.
- Galeotti M. (2006), *Economic Growth and the Quality of the Environment: Taking Stock, Environment, Development and Sustainability*, Online First (published on line 22 February 2006).
- Hemmelskamp J. (1999), *The influence of environmental policy on innovative behaviour – an econometric study*, IPTS, Seville, Spain.
- Henriques i., Sadorsky P. (2005), Environmental Technical and Administrative Innovations in the Canadian Manufacturing Industry, *Business Strategy and the Environment*, vol. 16, issue 2, pp. 119-132.
- Horbach J., (2006), *Determinants of Environmental Innovation – New Evidence from German Panel Data Sources*, nota di lavoro FEEM, n.13, Milano, FEEM.
- Huselid M.A. (1995), The Impact of Human Resource Management Practices on Turnover, Productivity and Corporate Financial Performance, *Academy of Management Journal*, vol. 38, n. 3, pp. 635-872.
- Jaffe A.B., Newell R.G., Stavins R.N. (2002), *Environmental Policy and Technological Change*, nota di lavoro FEEM, n. 26, Milano, FEEM.
- Jaffe A.B., Newell R.G., Stavins R.N. (2001), *Technological Change and the Environment*, Research Working Papers Series n. 00-002, Harvard University.
- Jaffe A.B., Peterson S.R., Portney P.R., Stavins R.N. (1995), Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?, *Journal of Economic Literature*, vol. 33, March, pp. 132–163.
- Kahuthu A. (2006), Economic Growth and Environmental Degradation in a Global Context, *Environment, Development and Sustainability*, vol. 8, pp. 55-68.
- Krozer Y., Nentjes A. (2005), Environmental Policy and Innovations, *Business Strategy and the Environment*, forthcoming.
- Löschel A., Rübbelke D.T.G. (2005), *Impure Public Goods and Technological Interdependencies*, nota di lavoro FEEM, n. 60, Milano, FEEM.

- Lund R., Gjerding A.N. (1996), *The flexible company Innovation, work organisation and human resource management*, DRUID Working Paper n. 96-17, Danish Research Unit for Industrial Dynamics.
- Malaman R., Bartolomeo M. (1996) (a cura di), *La strategia ambientale d'impresa. Tecnologia, organizzazione, marketing*, Milano, Il Sole 24 Ore.
- Managi S. (2006), Pollution, natural resource and economic growth: an econometric analysis, *Int. J. Global Environmental Issues*, vol. 6, n.1, pp. 73-88.
- Mazzanti M., Montini A., Zoboli R. (2006), *Struttura produttiva territoriale ed indicatori di efficienza ambientale attraverso la NAMEA regionale: il caso del Lazio*, ISTAT, Roma, forthcoming.
- Mazzanti M., Montini A., Zoboli R. (2006), *Economic dynamics, Emission trends and the EKC hypothesis. New evidence using NAMEA and provincial panel data for Italy*, Università degli Studi di Ferrara, Quaderno n. 19-2006, Ferrara.
- Mazzanti M., Zoboli R. (2005), *Waste Indicators, Economic Drivers and Environmental Efficiency. Perspectives on Delinking and Empirical Evidence for Europe*, Università di Ferrara, *Quaderni del Dipartimento Economia Istituzioni Territorio*, DEIT, anno 2005, n. 12.
- Mazzanti M., Zoboli R. (2006), *Examining the Factors Influencing Environmental Innovations*, nota di lavoro FEEM, n.20, Milano, FEEM.
- Millock K., Nauges C. (2003), *The French Tax on Air Pollution: Some Preliminary Results on its Effectiveness*, nota di lavoro FEEM, n.44, Milano, FEEM.
- Müller-Fürstenberger G., Wagner M. (2006), Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems, *Economic Series*, n.183.
- Musu I. (2003), *Introduzione all'economia dell'ambiente*, Bologna, Il Mulino.
- Naghavi A. (2006), *Can R&D-Inducing Green Tariffs Replace International Environmental Regulations?*, nota di lavoro FEEM, n. 92, Milano, FEEM.
- Nicolaisen J., Dean A., Hoeller P. (1991), *Economics and the Environment: A Survey of Issues and Policy Options*, OECD Economic Studies n. 16, Paris, OECD.
- OECD (2002), *Environmental Performance Reviews Italy*, Paris, OECD.
- Parry I.W.H., Pizer W.A., Fischer C. (2000), *How Important is Technological Innovation in Protecting the Environment?*, Discussion Paper n. 00-15, Washington, Resources for the Future.

- Pfeiffer F., Rennings K. (2001), Employment Impacts of Cleaner Production – Evidence from a German Study Using Case Studies and Surveys, *Business Strategy and the Environment*, vol.10, n. 3, pp. 161-175.
- Pickman H.A. (1998), The Effect of Environmental Regulation on Environmental Innovation, *Business Strategy and the Environment*, vol. 7, pp. 223-233.
- Popp D. (2005), International innovation and diffusion of air pollution control technologies: the effects of NO_x and SO₂ regulation in the US, Japan, and Germany, *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 51, pp. 46-71.
- Popp D. (2005), Uncertain R&D and the Porter Hypothesis, Contributions to Economic Analysis & Policy, *Contributions to Economic Analysis & Policy*, vol. 4, Issue 1, n. 6.
- Rehfeld K.M., Rennings K., Ziegler A. (2004), *Integrated Product Policy and Environmental Product Innovations: An Empirical Analysis*, Discussion Paper n. 04-71, Centre for European Economic Research.
- Rennings K., Ziegler A., Anele K., Hoffmann E., Nill J. (2003), *The Influence of the EU Environmental Management and Auditing Scheme on Environmental Innovations and Competitiveness in Germany: An Analysis on the Basis of Case Studies and a Large-Scale Survey*, Discussion Paper n. 03-14, Centre for European Economic Research.
- Rennings K., Ziegler A., Zwick T. (2001), *Employment Changes in Environmentally Innovative Firms*, Discussion Paper n. 01-46, Centre for European Economic Research.
- Rennings K., Zwick T. (2001), *The Employment Impact of Cleaner Production on the Firm Level Empirical Evidence from a Survey in Five European Countries*, ZEW Discussion Paper n. 01-08, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.
- Ronchi E. (2000), *Uno sviluppo capace di futuro. Le nuove politiche ambientali*, Bologna, Il Mulino.
- Rothenberg S., Zyglidopoulos S.C. (2004), Determinants of Environmental Innovation Adoption in the Printing Industry: the Importance of Task Environment, *Business Strategy and the Environment*, vol. 16, issue 1, pp. 39-49.
- Rupo D. (2000), *La variabile ambientale nella comunicazione di impresa*, Torino, Giappichelli Editore.
- Sánchez-Chóliz J., Duarte R., Mainar A. (2006), Environmental impact of household activity in Spain, *Ecological Economics*, forthcoming.

- Smulders S., Bretschger L. (2001), Explaining Environmental Kuznets Curves: How Pollution Induces Policy and New Technologies, Discussion Paper n. 95, Centre for Economic Research, Tilburg University.
- Stagl S. (1999), *Delinking Economic Growth from Environmental Degradation? A Literature Survey on the Environmental Kuznets Curve Hypothesis*, Working Paper Series of the Research Focus Growth and Employment in Europe: Sustainability and Competitiveness, Working Paper n. 6, Vien University.
- Stern D.I. (2004), *Diffusion of Emissions Abating Technology*, Working Paper n. 0420, Troy, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute.
- Stern D.I. (2004), The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve, *World Development*, vol. 32, n. 8, pp. 1419-1439.
- Tomer J.F., Sadler T.R. (2006), Why we need a commitment approach to environmental policy, *Ecological Economics*, forthcoming.
- Turner R.K., Pearce D.W., Bateman I. (2003), *Economia ambientale*, Bologna, Il Mulino.
- Ziegler A., Rennings K. (2004), *Determinants of Environmental Innovations in Germany: Do Organizational Measures Matter? A Discrete Choice Analysis at the Firm Level*, Discussion Paper n. 04-30, Centre for European Economic Research.
- Zwick T. (2004), Employee participation and productivity, *Labour Economics*, vol. 11, pp. 715-740.
- Zwick T. (2005), Continuing Vocational Training Forms and Establishment Productivity in Germany, *German Economic Review*, vol. 6, n. 2, pp. 155-184.

RIFERIMENTI SITI WEB

www.apat.it

www.ecoinnova.it

www.econlit.org

www.eurostat.it

www.istat.it

www.minambiente.it

www.oecd.org

www.sviluppoitalia.it