

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA
Dipartimento di Economia



Dottorato di Ricerca XXVIII Ciclo
SCIENZE ECONOMICHE E METODI QUANTITATIVI – SECS-P/02

OIL POLLUTION, PRODUTTIVITÀ DEL LAVORO E GLI EFFETTI DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Dottorando:

SALVATORE BERNAVA MORANTE

Coordinatore:

Prof. Edoardo Otranto

Supervisore della tesi:

Prof. Michele Limosani

A.A. 2015/2016



Ringrazio il Professore Michele Limosani, che mi ha insegnato cosa sia la Ricerca, i Professori Massimo Mucciardi ed Emanuele Millemaci che, con grande pazienza, mi hanno aiutato nella Statistica e nell'Econometria ed i miei colleghi del Dottorato per la loro amicizia. Ringrazio soprattutto i miei genitori, mio fratello e Nancy, fonti inesauribili di Energia.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	6
<i>CAPITOLO I - BACKGROUND</i>	9
IL PETROLIO	11
IL MERCATO MONDIALE DEL CRUDE OIL	24
LE EMISSIONI INQUINANTI	48
IL DIOSSIDO DI CARBONIO	53
UNA QUESTIONE DI EFFICIENZA	61
LA PRODUTTIVITÀ	63
MISURARE LA LABOR PRODUCTIVITY	65
<i>CAPITOLO II - OBIETTIVI DELLA RICERCA</i>	73
<i>CAPITOLO III - LE CAUSE DELL'INQUINAMENTO</i>	80
REVIEW DELLA LETTERATURA	84
ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE	95
LA POLLUTION HAVEN HYPOTHESIS	108
LA FACTOR ENDOWMENT HYPOTHESIS	110
L'ANALISI ECONOMETRICA	124
LE VARIABILI E I DATI	127
IL MODELLO ECONOMETRICO	138
RISULTATI	143
CONCLUSIONI	156

CAPITOLO IV - GLI EFFETTI DELL'INQUINAMENTO	159
REVIEW DELLA LETTERATURA	162
ENVIRONMENTAL PRODUCTIVITY EFFECT	171
L'ANALISI ECONOMETRICA	180
LE VARIABILI E I DATI	182
IL MODELLO ECONOMETRICO	188
RISULTATI	192
CONCLUSIONI	203
 CAPITOLO V - CONSIDERAZIONI FINALI	 205
 CAPITOLO VI - TABELLE	 214
MODELLI EKC E DOTAZIONE DI CAPITALE	215
MODELLI PRODUTTIVITÀ EPE	261
APPENDICE	291
 CAPITOLO VII - FONTI	 297
BIBLIOGRAFIA	298
WEBSITES	318
DATA SOURCES	319

Indice Figure

Figura 1 – Oil supply chain	25
Figura 2 – Petroleum Reserve Management System	28
Figura 3 – Crude Oil Proved Reserves	29
Figura 4 – Middle East Proved Reserves	29
Figura 5 – Fase upstream	31
Figura 6 – Tipologie di offerte di petrolio (BpD)	35
Figura 7 – Principali distillati in ordine di pesantezza	36
Figura 8 – Offerta Oil globale (BpD)	38
Figura 9 – Fase downstream	39
Figura 10 – Domanda di greggio globale e per cluster in percentuale	41
Figura 11 – Domanda di Greggio espressa – Mln di BpD	42
Figura 12 – Domanda paesi sviluppati – Mln di BpD	43
Figura 13 – Domanda paesi non sviluppati – Mln di BpD	43
Figura 14 – Crude Oil Imports e Exports – periodo 2009–2013	46
Figura 15 – European Union Vs Middle East – Periodo 2009–2013	47
Figura 16 – Percentuale produzione elettricità da Petrolio	49
Figura 17 – Livelli di Emissioni (in Ln) di GHG – periodo 2000/2011	52
Figura 18 – Emissioni di CO2 Total Energy Related	54
Figura 19 – Emissioni di CO2 rispetto a Energy Use	55
Figura 20 – Previsioni sviluppi futuri GHG Emissions	57
Figura 21 – Emissioni CO2 da Idrocarburi	59
Figura 22 – Variazioni Percentuali in CO2 Emissions – periodo 1990/2015	62
Figura 23 – GDP per unità di CO2 Energy Related	64
Figura 24 – Output–per–Hour Index	65
Figura 25 – Variazione Produttività in percentuale	67
Figura 26 – Andamento Produttività del Lavoro in Italia	69
Figura 27 – Labor Productivity in paesi sottosviluppati	70
Figura 28 – Labor Productivity in paesi sviluppati	70
Figura 29 – Produttività mondiale del settore petrolifero	71
Figura 30 – EKC proposta da Grossman e Krueger	99
Figura 31 – EKC proposta da T. Panayotou	103
Figura 32 – EKC proposta da Van Alstine e Neumayer	104
Figura 33 – PHH (A) e FEH (B) a confronto	112
Figura 34 – Confronto tra PHH e FEH	114
Figura 35 – Produzione di petrolio nel mondo (BpD)	207
Figura 36 – Oil Rents sul GDP	212

Indice Tabelle

Table 1 – Classificazione UNITAR	13
Table 2 – Rendimento Light Sweet Crude	17
Table 3 – Prezzi del Crude Oil	18
Table 4 – API Gravity e Sulfur Content nel BFOE	20
Table 5 – Oil Grades e Riserve Provate	26
Table 6 – Total Oil Supply	33
Table 7 – Oil Supply OPEC e NON OPEC.....	34
Table 8 – Coefficienti di correlazione, usando le osservazioni 1986 – 2014	36
Table 9 – Correlazione tra livelli globali di emissioni nocive 1980–2014	128
Table 10 – Specificazione 1	143
Table 11 – Specificazione 2	145
Table 12 – Specificazione 3	146
Table 13 – Specificazione 4	148
Table 14 – Specificazione 1 – paesi OECD	149
Table 15 – Specificazione 1 – paesi NON OECD	151
Table 16 – Stima a livelli Ln	195
Table 17 – Stima in differenze Ln.....	196
Table 18 – Stime in differenze Ln e Produttività a livello	197
Table 19 – Stime in differenze percentuali su valori effettivi.....	198
Table 20 – Stime a livello Ln e valori stimati delle Emissioni.....	199
Table 21 – Stime in differenze Ln e valori stimati delle Emissioni.....	201
Table 22 – Stime a livelli – Developed VS Undeveloped	202
Table 23 – Lista paesi analizzati	291
Table 24 – AR(1) GDP e rapporto k	293
Table 25 – Tabella Regressione GDP per capita e rapporto k	295

Introduzione

Tutto sommato, ci assomigliamo.

Quante volte al telegiornale ci vengono mostrati gruppi di ragazzi, con il viso coperto, tentare di fermare qualche petroliera nel Mare del Nord o salvare quella lontana foresta in Amazzonia attraverso azioni più o meno eclatanti. Ambientalisti, eco-terroristi, gruppi d'azione. Almeno una volta, seduti comodi sul proprio divano davanti la TV, ognuno di noi avrà reagito sorridendo sommessamente. È naturale.

Non è mancanza di rispetto, anzi a volte ne rimaniamo affascinati. Il problema semmai è proprio che la tematica ambientale porta con sé alcuni significati nascosti. Innanzitutto estremizza. Quando si parla di ambiente, di norma, o si è bianco o si è nero. La politica, quell'immensa distesa di grigi che dovrebbe permetterci di progredire, scompare per lasciare il posto a preconcetti e valutazioni sommarie frutto di informazioni opache. Ci si arrocca nelle proprie posizioni. Quindi chi parla di fonti energetiche alternative è un fricchettone ed è bene ricordarsi che l'energia nucleare rimane ancora un tabù. In questo marasma di informazioni asimmetriche e pregiudizi, i dubbi ci sovrastano ed è a quel punto che decidiamo di cambiare canale.

Questa tesi di ricerca tenta, nel suo piccolo, di dare alcune risposte che possono essere utili quotidianamente per sbrogliare questa matassa che va formandosi. L'idea di base è sempre stata quella di scoprire e studiare l'importanza economica dell'energia. Più precisamente, come la disponibilità di fonti energetiche impatti sulla **produttività**. È evidente che, messa in questi termini, sarebbe stata troppo vaga e si correva il rischio di non centrare il punto. Per questo motivo ho deciso di concentrarmi sulla fonte di energia attualmente più importante: il **petrolio**. Per comprendere però la sua rilevanza nei sistemi economici, ho deciso di seguire un approccio diverso. L'impostazione di questa ricerca è un sistema "Risorsa – Effetto – Risultato". La novità consiste proprio nell'elemento centrale, ovvero sia l'effetto che l'utilizzo di questa risorsa energetica ha sul contesto ambientale e che poi si riversa inevitabilmente sulla struttura economica. Il punto cardine attorno al quale gira l'intera tesi è quindi l'**inquinamento**. È solo attraverso questa chiave di lettura che è possibile leggere l'effettiva bontà di una risorsa energetica. Non basta la mera ricchezza di risorse per svilupparsi.

Il Capitolo I "*Background*" è una panoramica inerente i tre punti principali della tesi, ovvero sia: il Crude Oil, il CO2 da Petrolio e la Produttività del Lavoro. Viene

mostrato il motivo per cui il Petrolio rappresenti, ancora oggi, l'input energetico più importante e viene in seguito osservata la struttura del mercato internazionale, analizzando la domanda e l'offerta mondiale e la congenita mancanza di concorrenza nei processi di estrazione, produzione e trasporto. Successivamente viene esaminato il Diossido di Carbonio generato dall'uso di questo idrocarburo ed è mostrato come questo inquinante aereo sia il più rilevante in termini quantitativi ma anche il più difficile da ridurre. Infine sono discussi gli indici per misurare correttamente la produttività del lavoro e, a tal proposito, vengono presentati gli indicatori usati dall'OECD. Nel Capitolo II vengono presentati gli obiettivi di Ricerca della tesi.

Il Capitolo III si intitola "*Le Cause dell'Inquinamento*" e concerne quei fattori che hanno un'influenza sul degrado ambientale. La letteratura sul tema è molto vasta e, ad oggi, si concentra principalmente attorno la cosiddetta **Modified Environmental Kuznets Curve** (MEKC). La nota relazione ad U invertita tra reddito procapite e inquinamento, è stata infatti arricchita con nuovi fattori che si ritiene abbiano un effetto sull'ambiente, ovvero: la Scala dell'Economia, il grado di apertura commerciale e l'importanza relativa dell'input capitale. Per quanto forte sia l'impianto teorico della letteratura sul tema, la grande mole di contributi denota una mancanza di unanimità sui risultati e, quindi, il fatto che il dibattito sia ancora aperto. In secondo luogo non esistono ricerche mirate sulla dotazione, sulla apertura commerciale e sull'inquinamento riferite esclusivamente al Petrolio ma sono tutte relative a forme di inquinamento e di capitale diverse e molto generiche. Eclatante è, infine, il fatto che praticamente assenti siano i contributi che tracciano per la MEKC una forma diversa o un approccio "evolutivo".

Il panel data Globale, riferito agli ultimi 35 anni, è stato analizzato empiricamente attraverso differenti metodologie. I paesi sono stati, in seguito, raggruppati in diversi sub-panel in funzione del livello di sviluppo raggiunto. I risultati dimostrano come sia possibile ridisegnare una nuova MEKC basata esclusivamente sul petrolio che, diversamente da quanto fino ad oggi ipotizzato, si presenta rovesciata, ovvero sia con la concavità verso l'alto. Le stime indicano quindi che in una prima fase di sviluppo, i paesi subiscono l'inquinamento poiché diventano dei porti sicuri (haven) per le imprese che inquinano. Facendo ciò, però, i paesi si sviluppano e passano al secondo stadio, dove la ricchezza individuale aumentata contrasta l'inquinamento e lo abbatte. Se il paese entra nella terza ed ultima fase, significa che il contesto economico richiederà maggiore energia per soddisfare le più elevate necessità delle imprese e dei cittadini e ciò si tradurrà in un nuovo aumento delle emissioni di CO₂ da petrolio.

Il Capitolo IV, dal titolo “*Gli Effetti dell’Inquinamento*”, esplora la relazione tra l’emissione di CO₂ derivante da petrolio e la Produttività del Lavoro. Tutta la recente letteratura sul tema ipotizza l’esistenza dell’**Environmental Productivity Effect** (EPE), ovvero di una relazione negativa tra le emissioni nocive e la performance dei lavoratori: un ambiente inquinato causerebbe una riduzione della produttività. L’intera letteratura a supporto di questo risultato, così come ampiamente documentato nella survey, utilizza una metodica microeconomica e sperimentale e si basa prevalentemente sull’analisi di singole industrie, in limitati periodi di tempo. La totalità dei contributi, inoltre, tratta di concentrazioni di inquinanti quasi sempre generiche, nel senso che non vengono distinti gli agenti inquinanti in base alla fonte dell’inquinamento e, infine, ciò che è più rilevante, nei modelli finora stimati è esclusa la possibilità che la produttività dei lavoratori possa essere influenzata contemporaneamente – così come per la verità la teoria economica suggerisce – anche da altri fattori “non ambientali”.

L’analisi svolta in questo capitolo è di natura essenzialmente empirica e si basa su dati macroeconomici relativi a 50 paesi nel periodo di tempo 1980-2014. Attraverso l’utilizzo di tecniche di stima dei metodi panel il capitolo si sofferma ad esaminare l’*Environmental Productivity Effect* in presenza di fattori economici in grado di influenzare la capacità dei lavoratori di partecipare alla formazione del prodotto totale. Differentemente da quanto riportato in letteratura l’analisi dimostra che l’EPE non solo esiste anche a livello aggregato ma, soprattutto, ha un segno positivo. Da un punto di vista macroeconomico, quindi, l’aumento delle emissioni nocive può avvantaggiare, in termini di produttività, un paese. Ciò avviene perché l’inquinamento da petrolio è un male necessario per lo sviluppo, per via del collegamento stretto e positivo tra i settori economici maggiormente inquinanti e la produttività. Nel Capitolo V sono presentate le *Considerazioni finali* a cui giungo e nel successivo Capitolo VI sono mostrate le stime, i test e le tabelle. Nel Capitolo VII, infine, è possibile prendere visione dei testi citati nella tesi, dei siti utili e delle fonti dati che sono stati utilizzati.

Tanti sono gli interrogativi che ci poniamo sulla qualità di vita che ci aspetta in futuro. È lecito immaginare che essa migliorerà ma la vera domanda è se vi sia o meno un prezzo da pagare. Questo dubbio nasce quando osserviamo economie che corrono veloci e che trent’anni fa ritenevamo del quarto mondo, quando vediamo il Middle East carico di petrolio e di guerre che va svuotandosi di persone giorno dopo giorno. Il dubbio su come sarà il nostro futuro nasce perché sappiamo immaginare cosa significhi, in termini energetici, la parola Sviluppo. Come cambiano le pretese e come cambiano le necessità.

Perché, tutto sommato, ci assomigliamo.

Capitolo I

Background

I protagonisti indiscussi di questa storia sono il petrolio (la Risorsa), l'inquinamento atmosferico (l'Effetto) e la produttività del lavoro (il Risultato macroeconomico). La prima, grande, difficoltà consiste nel dare sin dall'inizio un quadro d'insieme chiaro e, al contempo, completo; una overview che descriva questi tre punti in modo dettagliato e che mostri come siano simbioticamente legati l'uno all'altro.

Il primo paragrafo di questo capitolo si concentra sull'idrocarburo, quel combustibile fossile che rappresenta le fondamenta del mercato energetico ormai da molto tempo e che costituisce quella dotazione di capitale basilare per lo sviluppo economico. Si tenterà di spiegare cosa sia il Crude Oil, ovvero il prodotto petrolifero al suo stato greggio e quale sia il motivo del suo immenso uso in tutte le economie. Successivamente verrà analizzato, in modo più dettagliato, il mercato che lo caratterizza, ovvero sia come si deriva la domanda e l'offerta di petrolio e attraverso quali dinamiche avviene il commercio internazionale di questa risorsa.

Il secondo paragrafo del capitolo I, riguarderà esclusivamente il fenomeno dell'inquinamento ed, in particolare, delle emissioni negative provenienti dell'uso di questa risorsa. In questa parte, i livelli di Diossido di Carbonio – più comunemente conosciuto con il termine di CO₂ – verranno trattati come delle vere e proprie esternalità negative che derivano da processi di produzione e consumo e che hanno effetto sull'intera gamma di attività economiche, sia per il consumatore che per il produttore stesso. Il terzo paragrafo, infine, si concentrerà sulla produttività del fattore lavoro e di come questo indicatore rappresenti, oggi più che mai, un'unità di misura fondamentale per descrivere, interpretare e – a volte – prevedere i pattern di sviluppo di interi contesti economici. Verranno a tal proposito analizzati i diversi standard di misurazione per comprenderne i limiti ma anche le informazioni che se ne possono desumere.

Il Petrolio

Questa prima parte della ricerca verte sull'analisi del Crude Oil, ovvero sia il petrolio non raffinato che viene estratto dai giacimenti sotterranei e sottomarini e che rappresenta, ad oggi, la risorsa energetica più importante nel sistema economico mondiale. L'obiettivo di questo paragrafo è comprendere meglio questa fonte di energia, sia nelle sue caratteristiche chimico-fisiche, sia – soprattutto – da una prospettiva macroeconomica, al fine di delinearne gli aspetti principali e permettere una disamina più approfondita.

Verrà, in prima istanza, analizzato il petrolio greggio in quanto bene prodotto e scambiato, le sue particolari caratteristiche tecniche e lo sviluppo commerciale nel corso dei decenni. In seguito, l'attenzione sarà più focalizzata sugli aspetti economici e si tenterà di dare un quadro completo circa l'attuale mercato mondiale del Crude Oil.

Cosa è il Crude Oil

Secondo la teoria generalmente accettata concernente i combustibili fossili, il petrolio greggio, così come tutti gli altri idrocarburi tra cui il gas naturale e il carbone, si è formato nel corso di centinaia di milioni di anni da antichi materiali organici in strati di sedimenti della crosta terrestre sotto temperature e pressioni molto elevate. Più precisamente, il petrolio greggio ed il gas naturale si sono formati dal plancton preistorico e dalle alghe sedimentate sul fondo marino, mentre invece che il carbone si è formato da resti di piante preistoriche terrestri¹.

Tale processo di formazione porta immediatamente ad uno dei punti più centrali dell'analisi economica del petrolio, ovvero la sua esauribilità. Attualmente la razza umana sta consumando petrolio ad un ritmo di gran lunga più veloce di quanto ne viene naturalmente estratto, rendendo il greggio praticamente non rinnovabile.

¹ Riva Jr, Joseph P., and Gordon Atwater. "Petroleum." Encyclopedia Britannica (2008).

Esiste anche un'altra teoria per la formazione del petrolio, la c.d. *ipotesi abiogenica*, secondo la quale il petrolio greggio si sarebbe formato in profondi depositi carboniferi antichi quanto la Terra stessa. Questa teoria suggerirebbe che le forme di vita biologiche non rappresenterebbero l'effettiva fonte del petrolio e che ci potrebbe essere, quindi, molto più petrolio nel terreno rispetto a quanto le stime attuali suggeriscano. Una delle prove proposte più interessanti di questa teoria è la recente scoperta dell'esistenza di gas metano naturale in Titan, una luna del pianeta Saturno, dove certamente non si è potuto formare attraverso processi biologici².

Anche se questa teoria ha ricevuto un riconoscimento molto minore finora, varrebbe la pena immaginare come cambierebbero i fondamenti della futura offerta di petrolio se fosse vera. In questo progetto di ricerca si considererà, però, l'ipotesi di petrolio abiogenico falsa e verrà trattato quindi il petrolio greggio come un combustibile fossile il cui esaurimento è un fatto.

Il petrolio greggio è un prodotto eterogeneo e il suo aspetto varia, da una fanghiglia simil-marrone ad un liquido incolore chiaro. I combustibili fossili, come il petrolio greggio, sono fonti di energia non rinnovabili, il che implica che questa risorsa non si rinnova ad una velocità sufficiente per un'estrazione economicamente sostenibile in tempi umani accettabili.

Nella sua forma più semplice il greggio consiste in molecole e catene idrocarburiche di varia lunghezza. Il petrolio greggio è una miscela di centinaia di migliaia di differenti molecole basate su idrocarburi, molte delle quali contengono anche componenti non idrocarburici quali azoto, ossigeno, zolfo e, a volte, composti organometallici. Il greggio può essere pensato come una distribuzione di tipologie (o specie) paraffiniche, nafteniche ed aromatiche di peso molecolare e complessità sempre crescenti. Il punto di ebollizione del petrolio aumenta con l'aumentare della

² Glasby, Geoffrey P. "Abiogenic origin of hydrocarbons: An historical overview." *Resource Geology* 56.1 (2006): 83–96.

complessità dei componenti al suo interno e ciò ha un evidente effetto sui processi di trasformazione e generazione energetica.

Gli idrocarburi presenti in natura sono parecchi e si presentano in maniera molto diversa: sotto forma di gas, gas condensato, greggio da oli leggeri fino a extra-pesanti, bitume e carbone. I greggi sono classificati in base alle loro proprietà fisiche (viscosità, densità e gravità API) come indicato con la classificazione UNITAR (Table 1).

Table 1 – Classificazione UNITAR³

<i>OILS</i>	Viscosity mPa.s	Density kg/m ³	API Gravity
Conventional oil	< 10 ²	< 934	>20°
Heavy oil	10 ² – 10 ⁴	934 – 1000	20° – 10°
Bitumen	> 10 ⁴	>1000	<10°

Il numero di idrocarburi, ed il calore al quale questi stessi si vengono a formare, determina la densità e la classificazione del greggio. Oltre agli idrocarburi, tutti i greggi contengono anche zolfo, che viene rilasciato a causa della combustione come diossido di zolfo. Lo zolfo deve essere rimosso dall'olio prima della raffinazione, comportando una maggiore domanda di petrolio greggio a basso tenore di zolfo. Greggi contenenti più basse percentuali di zolfo sono noti come dolci, mentre quelli con un'elevata percentuale sono definiti acidi. Il petrolio greggio è classificato come dolce se contiene meno dello 0,5% di zolfo e, se leggero (il c.d. Light Sweet) contiene

³ Classificazione degli olii in base alle loro proprietà fisiche a 15.6°C proposta da: Gray, R. Murray. *Upgrading petroleum residues and heavy oils*. CRC press, 1994.

una quantità sproporzionata di distillati di alta qualità, ciò spiega perché esso sia, dopo il greggio, il prodotto più richiesto.

Se il livello di zolfo totale nel greggio è superiore all'1%, esso è definito come acido e conterrà impurità quali idrogeno e anidride carbonica. Poiché queste impurità devono essere rimosse prima che il greggio venga utilizzato, ciò ha come diretto effetto l'aumento dei costi raffinazione. A causa di questi aumenti di costi, gli olii acidi (Sour Oils) sono attualmente caratterizzati da un calo della domanda e venduti con uno sconto rispetto ai greggi di alta qualità. Il petrolio greggio, comunque, di per sé non può essere utilizzato; esso deve infatti essere raffinato in prodotti impiegabili.

Le riserve di petrolio greggio in tutto il mondo differiscono in modo significativo per disponibilità e qualità. Il principale attributo per il petrolio greggio è la sua viscosità (*thickness*). La viscosità viene misurata dall'indice *API gravity*, che è uno standard industriale sviluppato dall'American Petroleum Institute. Le riserve, o meglio il petrolio greggio, è classificato, rispetto al valore *API gravity*, in light, medium or heavy. Oltre gli olii pesanti ci sono infine le sabbie bituminose (oil sands e tar sands), che contengono molto spesso bitume e rocce scistose oil-based, a loro volta composte da cherogene solido.

L'indice *API gravity* è quindi una misura di quanto pesante o leggero sia il greggio se confrontato con l'acqua. Minore è la densità del greggio, maggiore è il livello *API gravity*. Quindi, contrariamente a quanto si potrebbe pensare, i greggi *high gravity* sono noti come greggi leggeri mentre i greggi *low gravity* sono indicati come pesanti. I greggi leggeri di solito hanno una densità *API* tra i 35 e 40 gradi. A causa di un minor numero di molecole a catena lunga e un contenuto di cera più basso, hanno una viscosità minore e sono quindi più facili da estrarre e trasportare. Questo porta ad una riduzione dei costi operativi sia per i produttori che per i raffinatori, il che a sua volta ha storicamente portato ad una maggiore domanda. I greggi pesanti, d'altra parte, di solito hanno una densità *API* tra 16 e 20 gradi. Ciò che identifica greggi

pesanti è la maggiore viscosità dovuta, come detto, al fatto che essi contengono alte concentrazioni di zolfo e metalli. Queste caratteristiche li rendono difficili da estrarre e trasportare attraverso la pipeline, rendendo il processo di raffinazione più costoso.

In confronto a gli olii "convenzionali", gli oli pesanti hanno un'elevata viscosità, un elevato contenuto di asfalteni e relativamente elevate quantità di metalli pesanti, di zolfo e di azoto (in genere in funzione di specifiche del mercato). Gli oli pesanti sono ulteriormente classificati in tre diverse categorie a seconda del grado di API gravity e della viscosità specifica nei giacimenti⁴:

1. Petrolio pesante: grado API maggiore di 10, viscosità ambientale inferiore a 10.000 cP e fluisce nel giacimento
2. Petrolio extra-pesante: grado API inferiore a 10, viscosità in situ meno di 10.000 cP ed ha una certa mobilità in giacimento
3. Bitume naturale: grado API inferiore a 10, in situ viscosità maggiore di 10.000 cP, e non scorre nelle c.d. reservoir conditions.

Anche queste risorse, non propriamente liquide, possono essere trattate a livello industriale e trasformate (con costi elevati e una minore efficienza energetica) in petrolio. Gli olii extra pesanti, le sabbie bituminose e gli scisti bituminosi sono spesso chiamati anche *oli non convenzionali*, perché la loro estrazione richiede metodi che differiscono dalla perforazione più tradizionale dei gradi più leggeri⁵.

Un altro importante fattore di qualità è il contenuto di zolfo del petrolio. Il cosiddetto petrolio greggio "dolce" ha un basso contenuto di zolfo, il che significa che è più ecologico e pertanto richiede meno elaborazione per soddisfare gli standard ambientali. Questo lo rende anche più prezioso del greggio "acido" che ha una più alta percentuale di zolfo. Il terzo attributo importante è la posizione fisica della fonte

⁴ Huc, Alain-Yves. *Heavy crude oils: from geology to upgrading: an overview*. Editions Technip, 2010.

⁵ Medeiros, Flavio, et al. *Analysis of production data from hydraulically fractured horizontal wells in tight, heterogeneous formations*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, 2007.

di petrolio. La profondità e la qualità di formazioni rocciose locali svolgono un ruolo importante nei costi di estrazione di riserve di petrolio⁶.

I greggi, gli olii pesanti e i bitumi sono raffinati per ottenere prodotti ad alto valore, come i combustibili liquidi, i solventi, i lubrificanti e le correnti petrolchimiche⁷. Il processo di raffinazione di base è la distillazione che ripartisce il petrolio greggio in prodotti di diversa volatilità. Dopo la distillazione alcuni flussi sono ulteriormente frazionati mediante altri metodi fisici quali l'*absorption*, l'*adsorption* e la *solvent extraction*. I prodotti di fondo di queste separazioni (di solito atmosferici o residuali) vengono inviati a processi di conversione per aumentare la resa dei più leggeri prodotti a valore aggiunto. Tali processi di conversione si basano su reazioni di "rigetto" del carbonio o di addizione di idrogeno, i principali processi sono:

- In-Situ Upgrading
- Thermocracking
- Catalytic Hydroconversion: Hydrocracking and Hydrotreatment

Non tutti gli output hanno quindi lo stesso valore di mercato. Alcuni, come per esempio il diesel, vengono venduti con un *premium price* rispetto ai combustibili pesanti. Inoltre, gli output più pesanti tendono più facilmente ad essere sostituibili con altre alternative di energia, ciò limita fortemente i movimenti in rialzo del prezzo di quest'ultimi anche quando ci si trovi di fronte a elevati prezzi base del greggio.

Capire che il greggio non è omogeneo e che le proprietà fisiche e geologiche differiscono tra le diverse fonti di petrolio è necessario per l'analisi economica. La facilità nel raggiungere fonti di petrolio light e medium rendono i prezzi finali economicamente sostenibili, mentre quando si considera olii non convenzionali i costi di estrazione possono salire a livelli che sono attualmente antieconomici. In

⁶ Simmons, Matthew R. *Twilight in the desert: the coming Saudi oil shock and the world economy*. John Wiley & Sons, 2006.

⁷ Speight, James G. *The chemical and physical structure of petroleum: effects on recovery operations*. Journal of Petroleum Science and Engineering 22.1 (1999): 3–15.

aggiunta a ciò, i combustibili più leggeri sono anche meno costosi e più versatili nel processo di raffinazione.

La raffinazione produce una vasta gamma di prodotti, da olio combustibile al *petroleum gas*. La gamma di prodotti generati da un barile di greggio dipende dalla qualità del greggio stesso quindi. Il rendimento tipico di un barile di greggio WTI e Brent, in percentuale di prodotti raffinati, è infatti altamente variegato (Table 2).

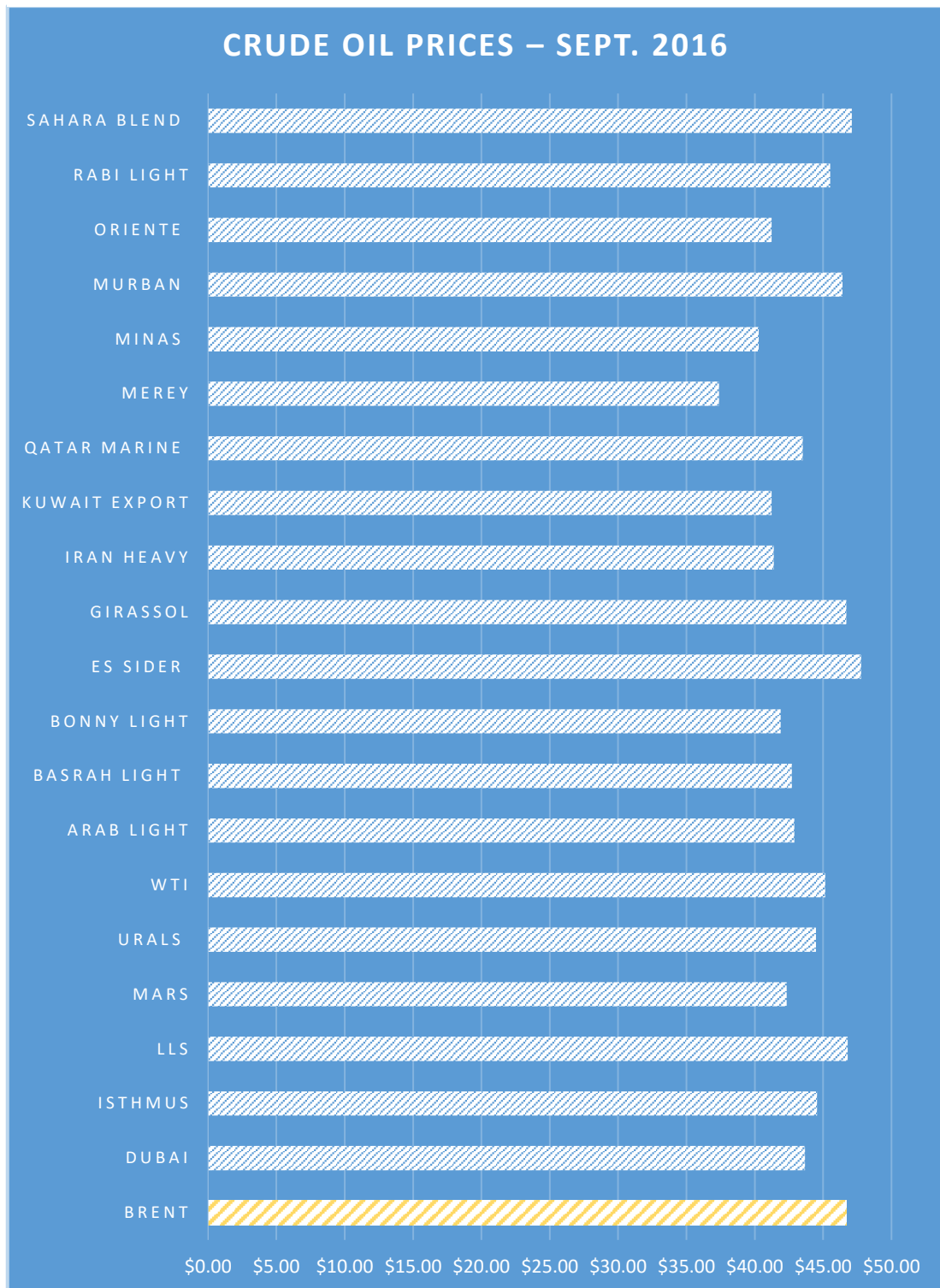
Table 2 – Rendimento Light Sweet Crude⁸

Product	Light Sweet Crude Yield
<i>Petroleum Gas</i>	3 %
<i>Naptha</i>	6 %
<i>Gasoline</i>	21 %
<i>Kerosene</i>	6 %
<i>Gasoil/Diesel (Middle distillates)</i>	36 %
<i>Fuel Oil</i>	19 %
<i>Others (Residual, lubricants)</i>	9 %

Una grande varietà di greggi vengono prodotti in tutto il mondo con il loro valore di mercato definito per caratteristiche qualitative. WTI e Brent sono oggi i principali parametri di riferimento internazionali per il petrolio greggio, ed i loro prezzi usati come barometro per la maggior parte del settore. In questo progetto di ricerca verrà considerato, proprio per questa ragione, il greggio Brent.

⁸ Fonte: Deutsche Bank, 2013

Table 3 – Prezzi del Crude Oil



Brent: Benchmark globale

I greggi compresi nella definizione *Brent* vengono estratti nel Mare del Nord e, di fatto, consistono in una vasta gamma di olii. Il Brent si è evoluto, in quanto punto di riferimento, nel corso del tempo, passando da un unico greggio rappresentante l'intero Mare del Nord ad un mix di diversi greggi.

Il Brent è, e rimane, però il primo greggio estratto in questa zona ed è appunto una miscela di olii prodotti da diversi “campi” di estrazione che riforniscono il terminale a Sullom Voe nelle Isole Shetland (UK). Poiché la produzione ha iniziato a diminuire nel 1980, il Brent tradizionale ha cominciato ad essere miscelato con il *Ninian* per minimizzare il rischio di manipolazione e distorsione. Il nuovo benchmark fu quindi chiamato Brent Blend.

Il Brent è stato utilizzato come benchmark fino al 2002, fino a quando cioè la produzione fu duramente colpita. Al fine di contrastare questo shock, la miscela Brent fu ampliata per includere il *Forties* e l'*Oseberg*. Il nuovo benchmark divenne conosciuto come Brent–Forties–Oseberg (BFO). L'inclusione di questi due greggi si è tradotta in una distribuzione su una gamma più ampia di aziende, una riduzione del predominio delle imprese produttrici di petrolio e una diminuzione delle opportunità di distorcere e alterare il benchmark.

Nel 2007, il crudo *Ekofisk* è stato incluso nel BFO, ciò portò alla creazione del benchmark che è in uso oggi, Brent–Forties–Oseberg–Ekofisk (BFOE). L'inclusione dell'*Ekofisk* ha aumentato la base fisica del benchmark e rappresenta, ad oggi, lo status quo. L'inclusione dei diversi greggi con aspetti qualitativi diversi ha avuto necessariamente implicazioni sul prezzo del benchmark. Uno qualsiasi di questi quattro greggi può tecnicamente essere consegnato a fronte di un contratto BFOE e, quindi, i venditori sono interessati a trattare il tipo di greggio più economico.

Nella miscela BFOE, il Forties ha la più bassa qualità (in base alla misura API Gravity e contenuto di Zolfo) e quindi è questa tipologia di crudo a fissare il prezzo e livello qualitativo del benchmark (Table 4).

Table 4 – API Gravity e Sulfur Content nel BFOE⁹

BFOE Crude Oils	API Gravity	Sulfur Content
<i>Brent Blend</i>	38,3°	0,37%
<i>Forties Blend</i>	40.3°	0.56%
<i>Oseberg Blend</i>	37.8°	0.27%
<i>Ekofisk Blend</i>	37.5°	0.23%

Sono diversi gli aspetti che hanno favorito la scelta del Brent come punto di riferimento:

1. Il Brent è estratto in mare e deve essere trasportato alle raffinerie in Europa e in altre parti del mondo. Ciò comporta che vi siano importanti opportunità di arbitraggio che rendono il trasporto redditizio ed il prodotto, quindi, facilmente commerciabile;
2. La posizione geografica lo rende un benchmark ideale essendo il Mare del Nord vicino alle raffinerie in Europa e negli Stati Uniti;
3. Con quattro diversi greggi che lo compongono, il volume di produzione è di grandi dimensioni e ciò rende difficile la manipolazione;
4. Il governo del Regno Unito, un organismo giuridico e normativo tendenzialmente trasparente, funge da supervisore per il Brent;

⁹ U.S. Energy Information Administration (EIA). “Annual Energy Outlook” Office of Integrated and International Energy Analysis U.S. Department of Energy Washington, DC, 2012

5. Grazie alla sua inclusione di diversi greggi, nessun produttore ha il monopolio della miscela, che è uno degli aspetti più importanti di un punto di riferimento¹⁰;
6. Il benchmark Brent fissa il prezzo per la maggior parte del mercato mondiale del greggio e ciò sottolinea la sua importanza. Circa il 70%, infatti, del greggio mondiale è valutato rispetto al benchmark Brent¹¹.

Breve Storia Moderna

L'attuale sistema dei prezzi del petrolio è emerso in risposta alle mutevoli condizioni ed equilibri di potere – ed ai cambiamenti delle strutture politiche ed economiche – che si sono avuti nel corso degli anni, così come anche per le fondamentali trasformazioni della domanda e dell'offerta. Si è passati da un sistema di prezzi di monopolio al sistema basato sul mercato che conosciamo oggi.

Fino a fine anni '50, il prezzo del petrolio era controllato da multinazionali, note come le Seven Sisters, ovvero:

- 1) Anglo–Persian Oil Company (oggi BP);
- 2) Gulf Oil;
- 3) Standard Oil of California (SoCal);
- 4) Texaco (oggi Chevron);
- 5) Royal Dutch Shell;
- 6) Standard Oil of New Jersey (oggi Esso);
- 7) Standard Oil Company of New York (oggi ExxonMobil);

Esse rappresentavano l'85% della produzione di petrolio al di fuori del Canada, Stati Uniti, Unione Sovietica e Cina. Queste multinazionali avevano interessi sia nella produzione a monte che a valle, e l'obiettivo di possedere l'intera catena del valore

¹⁰ Horsnell, Paul, and Robert Mabro. "Oil markets and prices: the Brent market and the formation of world oil prices." (1993).

¹¹ Fonte: <https://rbnenergy.com/>

dall'esplorazione alla raffinazione. I vari governi, nel tempo, hanno ricevuto royalties e tasse, ma non hanno partecipato alla formazione dei prezzi del petrolio. Fino al 1970 il sistema dei prezzi, noto come il prezzo pubblicato, è stato costruito su questi canoni. Questo periodo è stato caratterizzato da un mercato con pochi agenti e concorrenza imperfetta, in cui le imprese multinazionali stabilivano i prezzi per ridurre al minimo le loro passività fiscali di tutto il mondo. Nel 1960 fu costituita l'Organizzazione dei paesi esportatori di petrolio (OPEC) da parte di: Iran, Iraq, Kuwait, Arabia Saudita e Venezuela per coordinare le politiche fiscali e di diritti, per ottenere risorse da aziende private, nonché per prevenire ricavi in calo per i membri. Anche se le grandi aziende multinazionali ancora dominavano il mercato nel 1960, alcune piccole società indipendenti riuscirono per la prima volta ad entrare. Ciò fu dovuto principalmente al fatto che diversi paesi, come il Venezuela e la Libia, aumentarono il numero di concessioni avendo scorto l'opportunità di acquisire maggiori entrate da tasse governative e diritti d'autore. Nel periodo tra il 1965 e il 1973 la domanda mondiale di petrolio aumentò rapidamente. Come risposta, l'OPEC aumentò la produzione per soddisfare la crescente domanda. Nel 1973, in risposta all'acquisizione di una quota significativa del mercato del greggio, il potere di mercato si spostò notevolmente a favore dell'OPEC ed infatti per la prima volta riuscirono a reagire ad un prezzo pubblicato.

Nel corso del 1970 fu introdotto il concetto di prezzo marcatore (marker price), un predecessore di quello che oggi è conosciuto come il *crude benchmarking*. Questo spostò ulteriormente il potere di prezzi del petrolio dalle società multinazionali all'OPEC. L'Arabian Light dell'Arabia Saudita fu scelto come il primo greggio marcatore e i prezzi sono fissati in relazione a ciò. La crisi iraniana del 1979 portò ad un'interruzione brusca nella fornitura di petrolio greggio. Ciò costrinse le aziende multinazionali a comprare il greggio sul mercato aperto per soddisfare la domanda delle loro raffinerie. Di conseguenza, un nuovo mercato a pronti emerse, caratterizzato da una maggiore trasparenza, rendendo più facile per i paesi non OPEC e per le aziende private l'ingresso nel mercato del petrolio.

Nei primi anni '80, l'OPEC aumentò la sua produzione in risposta all'aumento dei prezzi del greggio. Tuttavia, la recessione mondiale nella prima metà di quel decennio causò un calo della domanda di petrolio. Questo rappresentò senza ombra di dubbio una grande sfida per sistema del prezzo marcatore dell'OPEC e comportò, in ultima analisi, la sua scomparsa.

Un altro fattore che portò all'eliminazione del sistema del prezzo marcatore fu che molto petrolio proveniente da paesi non membri dell'OPEC raggiunse i mercati internazionali a seguito di nuove scoperte e di un aumento della produzione. Questi paesi tariffarono il loro petrolio alle condizioni di mercato e furono quindi in grado di applicare un prezzo più basso per il loro greggio rispetto agli OPEC. I fornitori, che avevano avuto un eccesso di greggio, tagliarono i prezzi del mercato spot e ciò comportò in definitiva un calo della domanda del greggio OPEC.

Divenne chiaro quindi, soprattutto ai paesi afferenti l'OPEC, che difendere il sistema del prezzo marcatore, avrebbe portato inevitabilmente ad una riduzione della propria quota di mercato. Fu, quindi, adottato il sistema *pricing netback*. Tanti altri paesi esportatori di petrolio adottarono questo sistema che forniva alle aziende un margine garantito nella raffinazione. Ciò portò le raffinerie ad un eccesso di offerta sul mercato dei prodotti raffinati, che comportò inevitabilmente un crollo del prezzo del petrolio nel 1986.

Dopo questa ulteriore crisi, un nuovo sistema di mercato per i prezzi del petrolio greggio emerse, noto come: *Formula Pricing*. Il sistema si basa essenzialmente su un contratto in cui l'acquirente e il venditore si mettono d'accordo ex ante sul prezzo da pagare per un prodotto consegnato in futuro. Questo prezzo di riferimento si basa su un preciso calcolo predeterminato ed è ancora in uso oggi. L'OPEC ha abbandonato il suo sistema di pricing netback e ha adottato questo nuovo sistema di mercato, trasferendo quindi il potere dei prezzi al mercato stesso.

Nel 1988 il nuovo sistema di prezzi veniva ampiamente accettato tra la maggior parte dei paesi *Oil Exporters*. Negli anni successivi la rivoluzione tecnologica ha reso possibile il trading elettronico 24 ore su 24, da qualsiasi parte del mondo. La rivoluzione ha consentito lo sviluppo di un complesso sistema di prezzi di mercati petroliferi interconnessi, costituito da spot, forward fisici, futures e altri derivati. Ad eccezione del periodo di tempo in cui avvenne la crisi iraniana del 1979, i prezzi del greggio hanno normalmente oscillato tra i 20,00\$ a 30,00\$ al barile. Tuttavia, dal 1998, i prezzi del greggio sono aumentati fino ad arrivare ad un livello record di 145,00\$ nel mese di luglio 2008, prima di crollare durante la crisi finanziaria¹².

Il Mercato Mondiale Del Crude Oil

Il mercato mondiale del petrolio è il più grande mercato energetico, misurato in valore e volume. Nel 2011 il greggio ha servito circa il 33% del fabbisogno energetico globale¹³. Il New York Mercantile Index (NYMEX) e l'Intercontinental Exchange (ICE) sono le principali borse internazionali per il commercio di petrolio greggio. Gli scambi riguardano il commercio sia nel mercato a pronti per la consegna immediata che nel mercato forward e future per le consegne ad una prestabilita data futura. Questo fornisce ai partecipanti al mercato la possibilità di copertura, speculazione e price discovery. A causa del gran numero di greggi in tutto il mondo, i parametri di riferimento sono ampiamente utilizzati per fissare i prezzi, sia per la consegna fisica che nel mercato finanziario. La definizione più ampia di mercato mondiale del petrolio si basa su di una lunga e vasta catena di numerosi e differenti attori economici che agiscono su più mercati.

Il petrolio greggio si trova in depositi sotterranei spesso molto difficili da raggiungere. Il processo di estrazione dal giacimento viene fatto da una società

¹² Fattouh, Bassam. *"An anatomy of the crude oil pricing system"*. Oxford, England: Oxford Institute for Energy Studies, (2011).

¹³ Deutsche Bank. *"Oil & Gas for Beginners"* (2013).

petrolifera nazionale o da una società privata che ha acquisito i diritti necessari da parte del governo. Prima di essere trasportato, l'olio deve essere separato da acqua, gas naturale e altri prodotti secondari estratti.

Il petrolio greggio viene poi venduto ai raffinatori sui mercati spot in tutto il mondo. Si arriva alle raffinerie solitamente con una nave cisterna o attraverso un oleodotto. I raffinatori utilizzano una vasta gamma di metodi chimici per raffinare il petrolio greggio nei vari prodotti petroliferi conosciuti. Questi prodotti vengono poi venduti su ulteriori mercati per gli utenti industriali e rivenditori. Infine i prodotti finali raggiungono consumo in forma di carburante per autotrazione, riscaldamento, elettricità, materie plastiche o numerosi altri prodotti a base di petrolio (fig. 1).

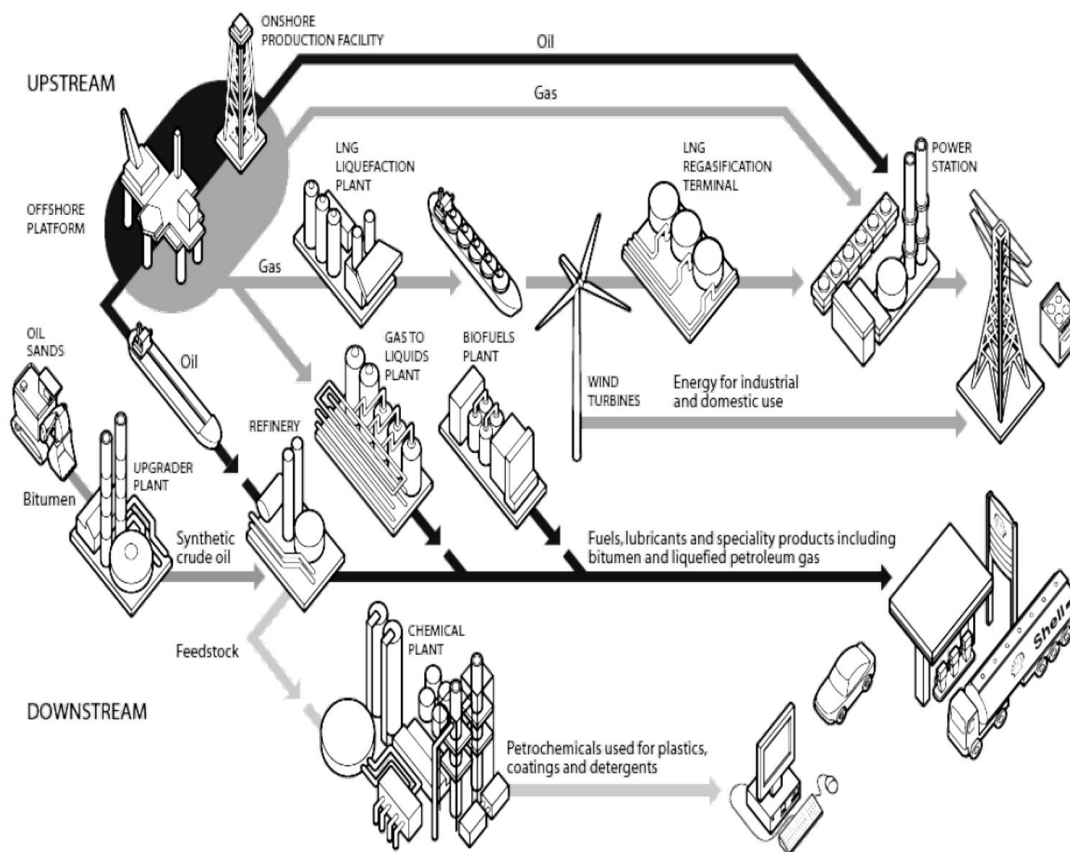


Figura 1 – Oil supply chain¹⁴

¹⁴ Royal Dutch Shell. "Annual review and summary of financial statements" (2007). (Fonte: http://www-static.shell.com/reports/2007/2007_annual_review.pdf).

La domanda di petrolio e di tecniche di estrazione idonee iniziano ad emergere nella metà del 19° secolo. Nei successivi 150 anni molti grandi scoperte di petrolio sono state fatte in tutto il mondo.

Nel corso degli ultimi decenni, tuttavia, le nuove scoperte hanno riguardato giacimenti petroliferi scarsi e di qualità inferiore. I nuovi giacimenti petroliferi si trovano spesso in acque profonde o sono caratterizzati da tipi di petrolio non convenzionale. È stato infatti ipotizzato che la maggior parte dei giacimenti petroliferi di qualità e facilmente reperibili siano già stati scoperti¹⁵.

Le riserve

La scoperta di petrolio e lo sviluppo delle riserve è un processo lungo e complicato. Le dimensioni delle riserve di petrolio scoperto è una questione caratterizzata da grande incertezza. Le dimensioni sono determinate sulla base di vari metodologie geologiche che determinano un livello probabilità e che sono, successivamente, classificate in funzione della fattibilità tecnica ed economica.

Table 5 – Oil Grades e Riserve Provate¹⁶

Oil Grade	API Gravity	Percentage of global proven reserves (9–13 trillion bbl)
<i>Light</i>	> 31,1 ^o	30%
<i>Medium</i>	31,1 ^o – 22,3 ^o	30%
<i>Heavy</i>	22,3 ^o – 10,0 ^o	15%
<i>Extra Heavy</i>	< 10,0 ^o	25%
<i>Oil sands and oil shales</i>	< 10,0 ^o	30%

¹⁵ Simmons, Matthew R. (op. cit.)

¹⁶ Alboudwarej, H., Felix, J., Taylor, S., Badry, R., Bremner, C., Brough, B., & Beshry, M. "Highlighting heavy oil". Oilfield review, 18(2), (2006), 34–53.

La maggiore stima dell'intera dimensione del giacimento si chiama *petroleum initially in place* (PIIP, o OOIP: original oil in place). Questa stima descrive il volume totale di olio all'interno della riserva. Di questo olio solo una frazione viene generalmente recuperato. L'*Estimated ultimate recovery* (EUR o Recovery Factor o Potenziale di Base), come dice il nome, rappresenta la frazione che probabilmente sarà recuperata usando le conoscenze attuali durante il *life-time* della riserva.

L'EUR varia da un minimo del 5% fino all'80%, anche in funzione della viscosità dell'olio e della qualità delle formazioni rocciose. Per esempio i tipici giacimenti di light crude in Arabia Saudita hanno un EUR del 20% – 45%. Queste ipotesi non sono tuttavia esenti da forti critiche. Si afferma infatti che le stime PIIP iniziali siano spesso sopra o sottodimensionate rispetto la riserva anche del 60% – 80%¹⁷.

Le dimensioni delle riserve di petrolio sono naturalmente molto importanti anche per gli operatori di mercato per l'analisi del prezzo del petrolio e per la stima dei valori delle compagnie petrolifere. Pertanto le organizzazioni del settore, in particolare il Consiglio Mondiale del Petrolio (WPC) e la Society of Petroleum Engineers (SPE), hanno definito linee guida più dettagliate per la classificazione delle riserve petrolifere. La revisione più recente della Petroleum Reserve Management System è del 2007.

¹⁷ Si è addirittura arrivati a considerarle “not far from educated guesses”.

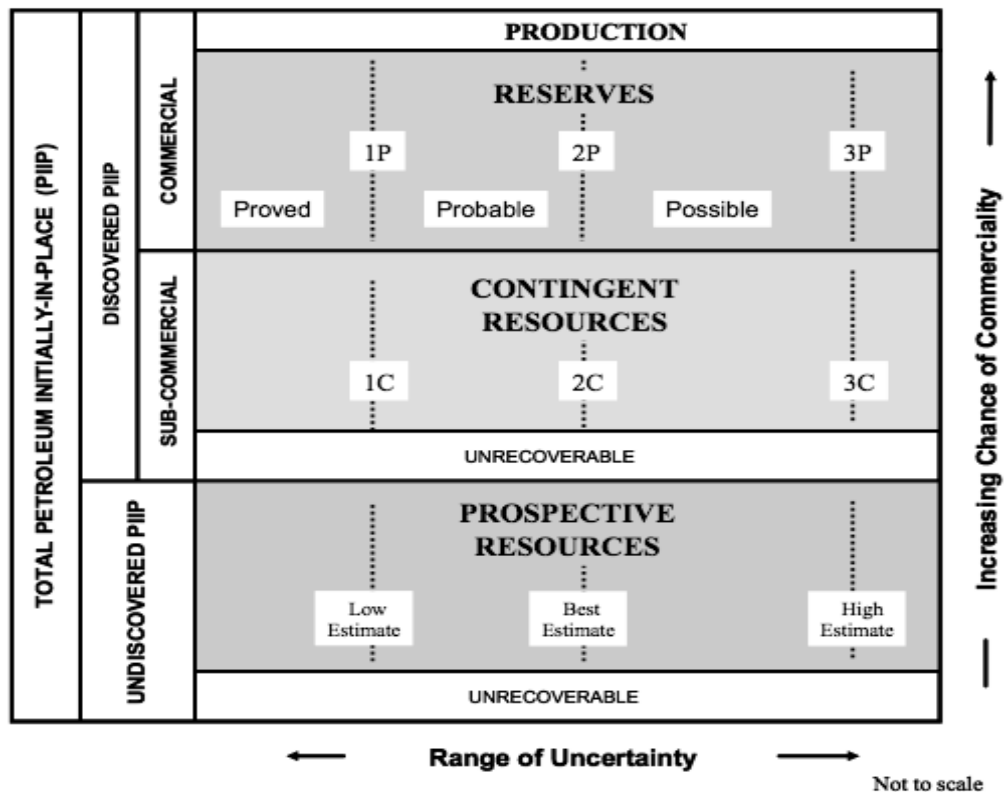


Figura 2 – Petroleum Reserve Management System

Per il *Petroleum Reserve Management System*, il PIIP è diviso in tre sottogruppi: le riserve, le risorse contingenti e le risorse prospettiche. Le riserve sono ulteriormente suddivise in riserve provate, probabili e possibili. Questi tre sono spesso abbreviato in 1P, 2P, 3P e che rappresentano le probabilità di recupero rispettivamente del 90%, 50%, e 10%. Le riserve provate, o 1P, sono quelle riserve che le compagnie petrolifere devono segnalare secondo precise regole (ad esempio informando la Securities and Exchange Commission o SEC). Queste possono essere ulteriormente suddivise in “sviluppate” e “da sviluppare” in base al fatto che le compagnie abbiano già costruito le strutture necessarie per la produzione.

L’EUR di solito non è un chiaro aggregato (o proxy) di uno qualsiasi di questi sottogruppi e si può meglio descrivere come quell’insieme che contiene tutte le riserve di petrolio già estratte e le rimanenti quantità che sono tecnologicamente ed economicamente sostenibili. Le riserve provate, così come l’EUR, sono influenzate dalle variazioni di prezzo del petrolio greggio. L’aumento dei prezzi fa sì che il petrolio

venga estratto con maggiori costi da luoghi che sono più difficili da raggiungere, causando in tal modo maggiori stime delle riserve.

Figura 3 – Crude Oil Proved Reserves

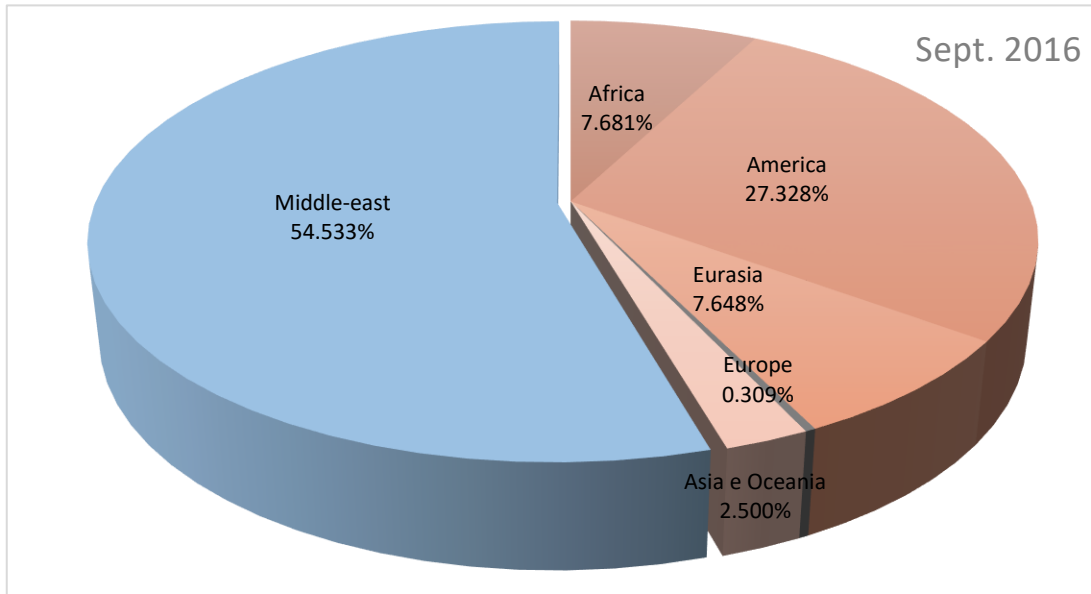
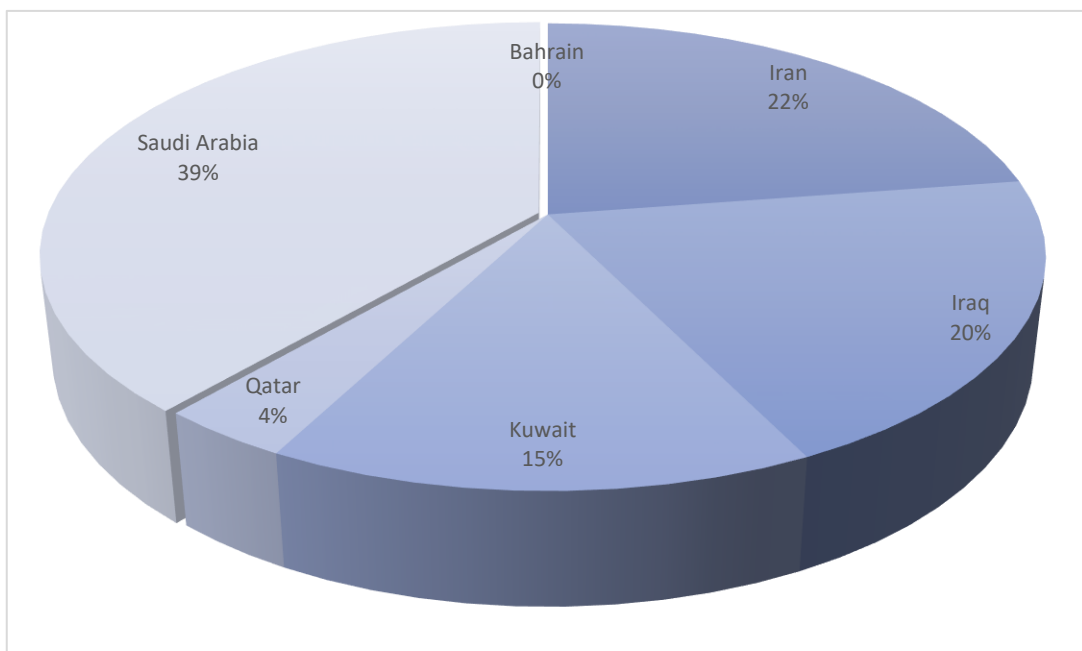


Figura 4 – Middle East Proved Reserves



Secondo Simmons (2005) i singoli campi petroliferi variano notevolmente di dimensioni. Ci sono oltre 4000 giacimenti di petrolio attivi nel mondo ma il 20% della produzione mondiale proviene da solo i 14 cosiddetti campi "super-giganti". L'Arabia Saudita è un esempio estremo, dove il 90% della produzione proviene da cinque campi. Tra questi, il più grande campo petrolifero del mondo, *Ghawar*, da solo rappresenta il 60% della produzione saudita e oltre il 6%, di quella globale.

Le due figure precedenti (Fig. 3 e Fig. 4) mostrano chiaramente come le riserve di petrolio siano globalmente distribuite in modo non uniforme. Il Medio Oriente domina il mercato con una quota di oltre il 54%, di cui l'Arabia Saudita rappresenta da sola quasi due quinti. Come accennato in precedenza, le stime di riserva non sono molto affidabili. Inoltre, i valori indicanti le riserve nazionali possono essere opportunamente modificati, soprattutto nelle economie meno aperte, poiché più petrolio significa più potere politico.

La Produzione

L'immagine romanzata della produzione di petrolio, con il greggio che schizza da trabiccoli ferrosi dopo essere esploso in vasti laghi sotterranei è, purtroppo, fuorviante. In realtà il greggio, come detto, si trova all'interno di formazioni rocciose porose, molto diverse tra loro per ciò che concerne l'accessibilità e la porosità¹⁸. Di norma tali formazioni hanno importanti quantità di gas naturale nella parte superiore, petrolio al centro e acqua nella parte più profonda (Fig. 5).

Ogni qual volta che nuove riserve vengono scoperte, effettivamente flussi di Crude Oil vengono spinti in superficie per la forte pressione (propria e della falda sottostante).

¹⁸ Le rocce porose devono intendersi come rocce con fori o bolle di petrolio al proprio interno. Queste bolle si intersecano l'un l'altra in molti punti consentendo all'olio di fluire attraverso la roccia.

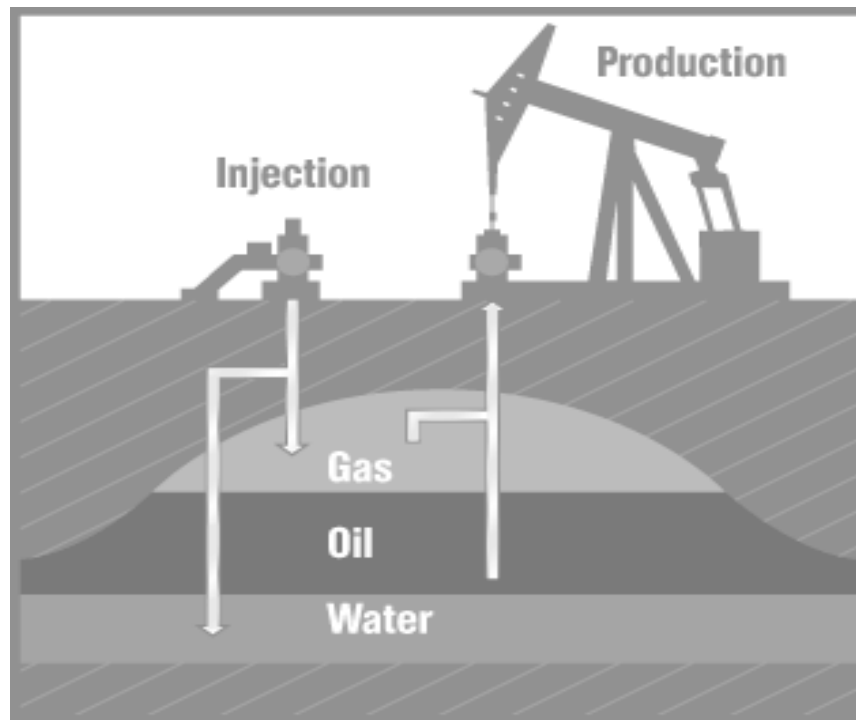


Figura 5 – Fase upstream

La pressione naturale però diminuisce in pochi anni e ha bisogno di essere sostenuta artificialmente. Questo è solitamente fatto iniettando acqua (pompaggio) nella riserva. Per esempio la compagnia petrolifera nazionale Saudita ARAMCO, attualmente inietta il doppio del volume di acqua nei suoi campi dove si estrae l'olio. Il processo viene spesso indicato come *secondary recovery*.

Il materiale estratto è una miscela di acqua, gas naturale e petrolio, i quali devono essere smistati in impianti di separazione prima che i prodotti stessi vengano trasportati e venduti. La quantità di acqua dipende dall'età della riserva e la velocità con cui viene estratta. Se il tasso di estrazione è troppo elevato, l'acqua può fluire in eccesso e lasciare il petrolio nella riserva praticamente irrecuperabile.

Se, da una parte, i produttori di petrolio hanno, nel corso del tempo, osservato l'inevitabile declino delle riserve di petrolio e tutti i problemi ad esso connessi, dall'altra hanno però dovuto sviluppare nuove tecnologie per facilitare l'estrazione. I progressi nella tecnologia di perforazione in mare aperto hanno, di fatto, reso molte

riserve nuovamente accessibili. Moderni pozzi petroliferi sono stati perforati, costituiti da ramificazioni di tubi verticali e orizzontali, che possono essere teleguidati verso parti del giacimento altrimenti impossibili da raggiungere. Le formazioni rocciose sono studiate oggi con strumenti sismici e magnetici tridimensionali, quando invece prima erano basate solo su trivellazioni di prova e tramite osservazione visiva delle formazioni superficiali¹⁹. Una delle tecnologie più promettenti si riferisce all'EOR (*Enhanced Oil Recovery*) che permette di raggiungere tassi di *recovery* più elevati, pompando CO₂ o altri gas nel pozzo petrolifero. Come con iniezione d'acqua, il CO₂ aumenta la pressione, ma si scioglie anche nel petrolio greggio aumentandone la viscosità. L'iniezione di CO₂ è certamente costosa ma ha anche interessanti implicazioni ambientali che fanno sì che i gas a effetto serra ritornino da dove provengono. Questa tecnologia è chiamata CCS (*Carbon Capture and Storage*).

Le sfide e le tecnologie di cui sopra, riguardano principalmente le riserve di petrolio convenzionali. Le fonti non convenzionali, come scisti bituminosi e sabbie petrolifere richiedono processi ancora più complicati, tra cui la frantumazione, il riscaldamento e la distillazione, rendendoli naturalmente anche più costosi da estrarre²⁰. Queste realtà geologiche permettono *insights* più precisi sulla natura della risorsa e sono importanti per comprendere meglio la produzione di petrolio greggio. La complessità delle infrastrutture coinvolte spiega anche il lasso di tempo talmente vasto degli investimenti in campo petrolifero e i tempi lunghi per la generazione di nuove produzioni. Questioni come il degradamento dei giacimenti di petrolio e il progresso tecnologico possono e devono essere analizzati nel quadro della teoria economica.

¹⁹ International Energy Agency (IEA) "*Medium-Term Oil Market Report*", (2007) Fonte: <http://omrpublic.iea.org/>

²⁰ Royal Dutch Shell (op. cit.)

L'Offerta

I maggiori produttori – e quindi offerenti – petroliferi sono molto semplicemente i paesi con le maggiori riserve, nonostante il fatto che molte economie sviluppate siano riuscite a utilizzare e gestire le proprie riserve in modo molto efficace e avere un tasso di riserva, *reserves-to-production ratio*, molto basso. Nel 2015 la produzione totale di greggio nel mondo è stata di 97 milioni di barili giornalieri (vedi Table 6), per un totale di oltre 4.6 miliardi di tonnellate totali. I produttori del Medio Oriente dominano nei numeri della produzione come quelli delle riserve. È da notare che in particolare la Russia e gli Stati Uniti producono ad un ritmo molto elevato, nonostante riserve relativamente minori. Molti paesi sviluppati hanno prodotto a tassi elevati, ma adesso stanno sperimentando un evidente declino produttivo a causa di riserve impoverite e degradate. I grandi paesi esportatori di petrolio promuovono i propri interessi attraverso l'OPEC, analizzata in precedenza, che rappresenta oltre due quinti dell'offerta totale di petrolio ed è generalmente considerato il giocatore più potente nel mercato.

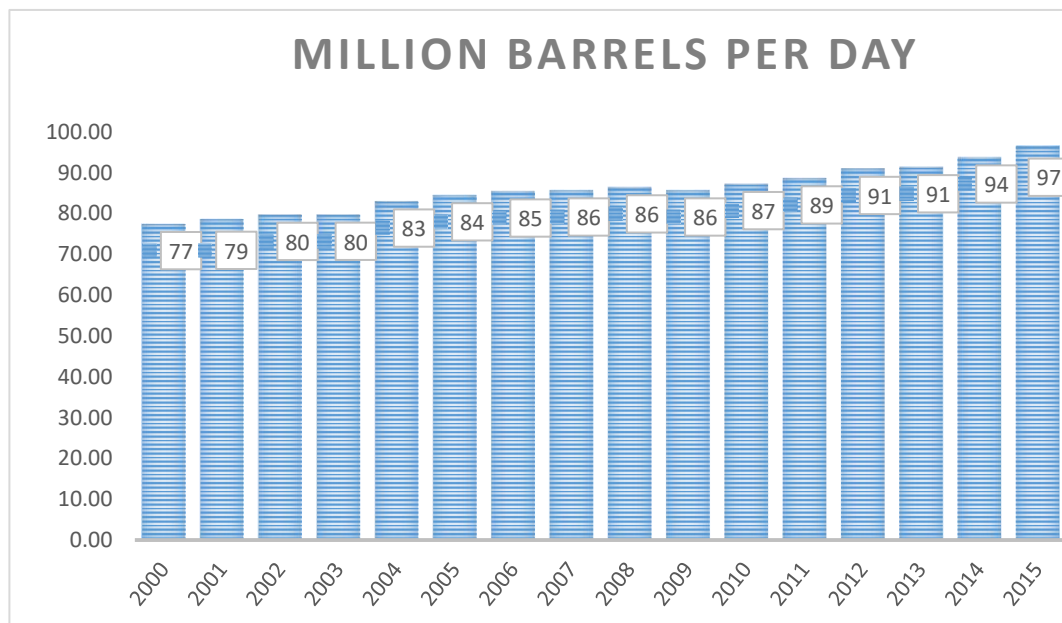
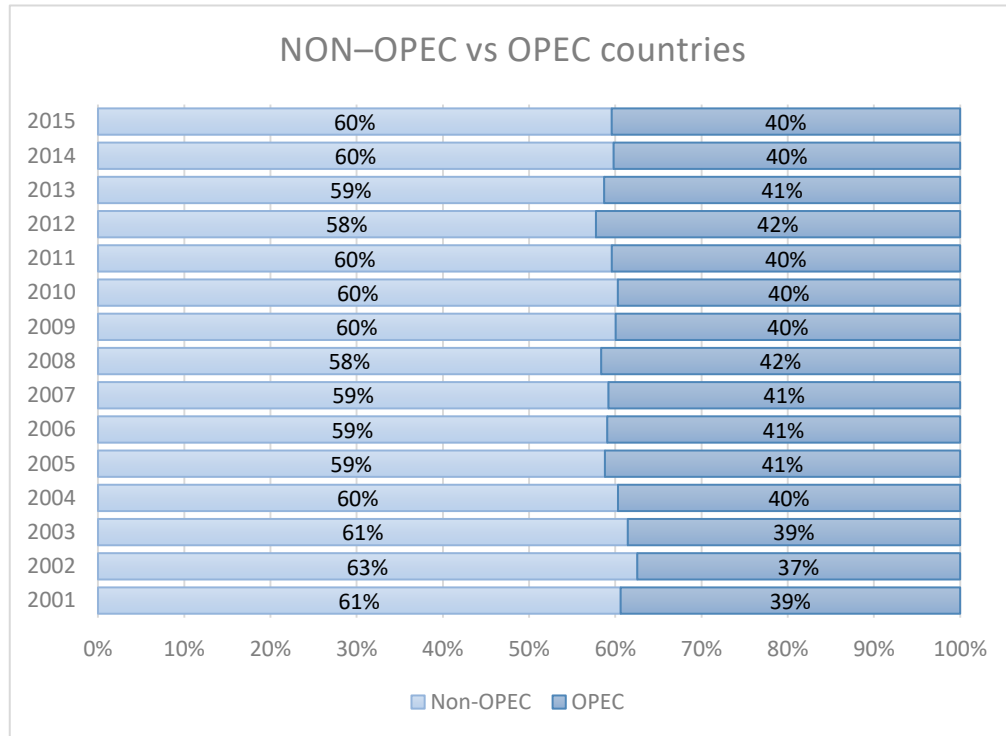


Table 6 – Total Oil Supply

Table 7 – Oil Supply OPEC e NON OPEC



Altri produttori di petrolio sono rappresentati, molto liberamente, dalla IEA (*International Energy Agency*), che è una organizzazione complementare, con la quale cioè condivide gli stessi paesi membri, dell'OECD, ovvero Organisation for Economic Co-operation and Development.

È da notare come importanti produttori/consumatori quali Russia, Cina e India non siano membri di nessuna di queste organizzazioni. Una volta estratto il petrolio greggio deve essere trasportato ai centri di raffinazione per poi essere trasformato nel prodotto finale e venduto. Questa, probabilmente eccessiva, semplificazione del processo di trasporto del prodotto grezzo al fine di poterlo lavorare, mostra in modo inequivocabile la grande differenza che vi è tra l'offerta di petrolio e l'offerta di prodotti raffinati.

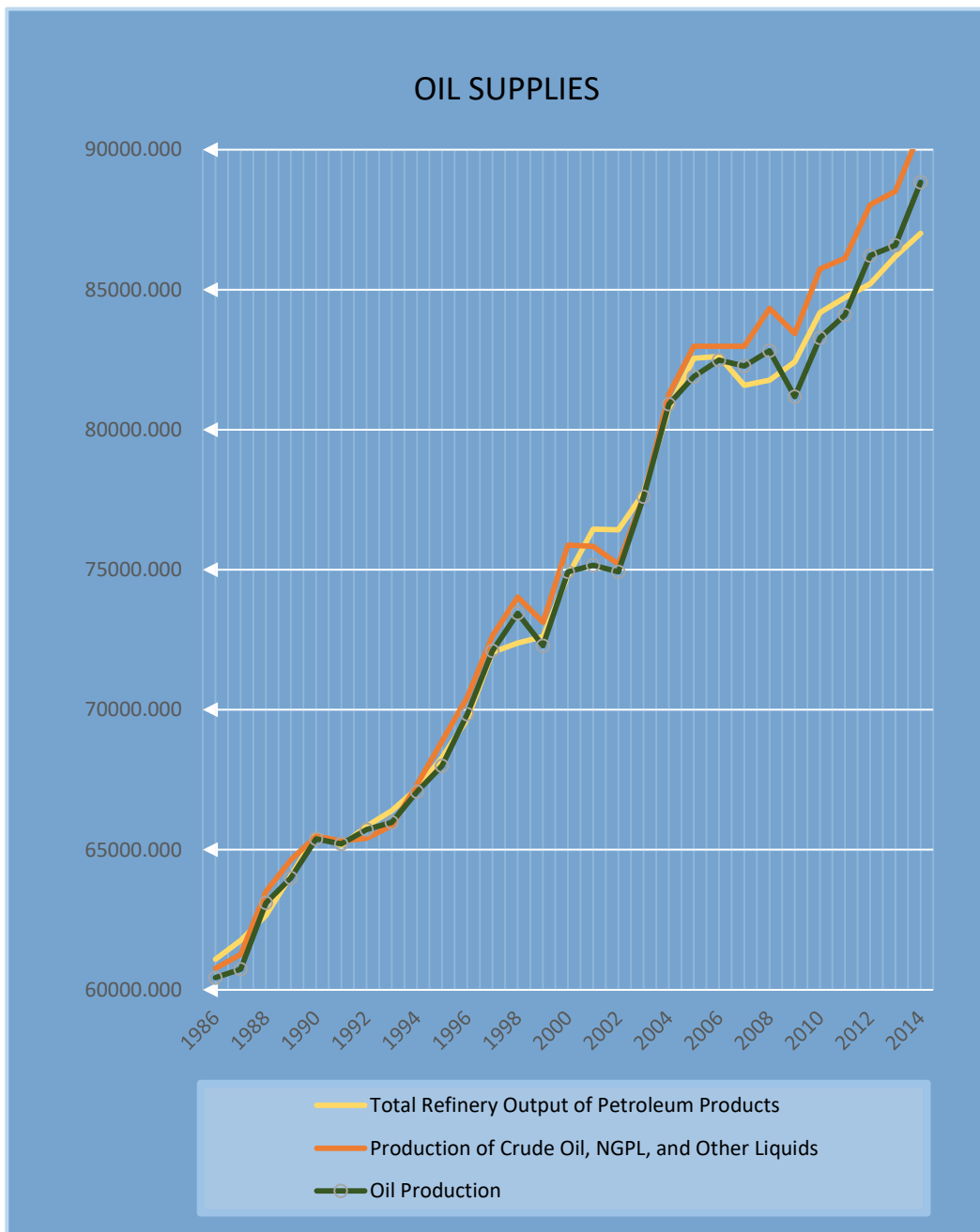


Figura 6 – Tipologie di offerte di petrolio (BpD)

Come si può ben vedere dalla figura soprastante, questi tre valori sono fortemente correlati (vedi anche Table 8). Ciò sta a significare che vi è una relazione diretta tra la risorsa estratta, le risorse semilavorate ed il prodotto finito. Significa, anche, che la quantità di scarti è incredibilmente minimizzata oggi giorno e, dunque,

che il livello tecnologico dei produttori ha raggiunto livelli di efficacia e di efficienza molto elevati. Tutto questo però conduce comunque alla necessità di una scelta, al fine di permettere una più chiara ed immediata comprensione dell'analisi che verrà fatta. La scelta in questo caso riguarda essenzialmente cosa si debba intendere per "Oil Supply".

Table 8 – Coefficienti di correlazione, usando le osservazioni 1986 – 2014

Total Refinery Output of Petroleum Products	Production of Crude Oil, NGPL, and Other Liquids	Oil Production	
1,0000	0,9954	0,9962	Total Refinery Output of Petroleum Products
	1,0000	0,9984	Production of Crude Oil, NGPL and Other Liquids
		1,0000	Oil Production

Nonostante infatti questi tre valori rispondano in un certo qual modo alle stesse dinamiche e possano, in ultima istanza, indicare la medesima offerta, per questo progetto di ricerca è cruciale distinguerli.

La *Total Refinery Output of Petroleum Products* è l'insieme indistinto dei prodotti finali che fuoriescono dal processo di raffinazione. Essi constano di una importante diversità endogena, sia qualitativa che produttiva che non permette ulteriori, più specifiche, analisi se non una mera elencazione (vedi Fig. 7) ma che da, seppur sommariamente, un'idea della complessità che caratterizza tale tematica.

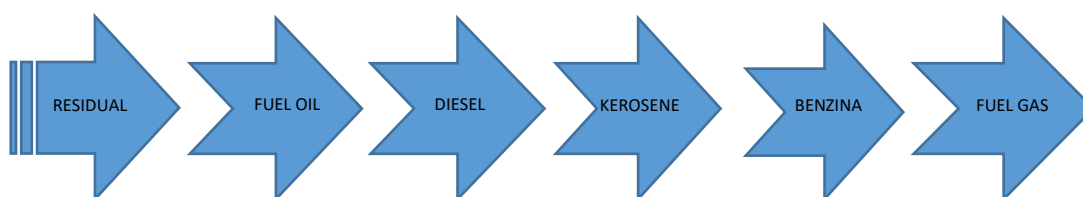


Figura 7 – Principali distillati in ordine di pesantezza

La *Production of Crude Oil, NGPL, and Other Liquids* rappresenta, invece, un valore composito indicante l'intero ammontare di prodotto utilizzabile che fuoriesce dai giacimenti. Esso è composto dunque non soltanto dal petrolio greggio, ma anche dal *Natural Gas Plant Liquids*, ovvero sia il gas naturale situato nelle riserve sotterranee e infine da tutti gli altri composti chimici in forma liquida.

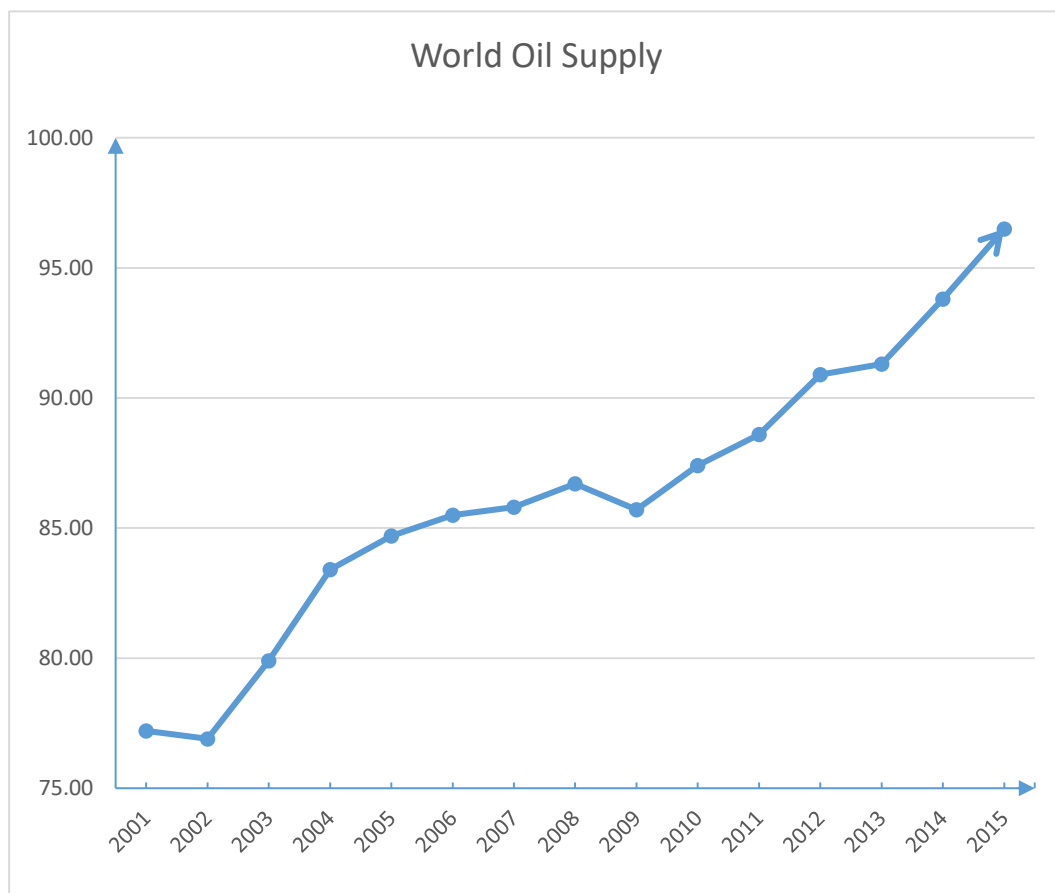
La *Oil Production* invece è una misura chiara ed, in un certo qual modo, immediata. Essa si riferisce esclusivamente alla quantità di materiale semilavorato che viene immesso nelle pipeline per essere portato alle raffinerie. Essa indica quindi quanto il processo upstream sia efficace e capace di soddisfare la domanda business. Come si evince in maniera chiara, la Oil Supply comporta delle problematiche etimologiche derivanti dalle specificità tecniche di questo ambito.

Qualunque sia l'unità di misura scelta, è comunque sempre possibile fare alcune piccole riflessioni. Innanzitutto si evince una tendenza estremamente positiva, indice di un mercato in espansione. Una tendenza che, oltretutto, se letta congiuntamente con la tabella dei prezzi del greggio, mostra un particolare congiuntura positiva che caratterizza oggi questo mercato.

Seconda pacifica riflessione deriva dal fatto che a fronte di un aumento del 25% negli ultimi 15 anni dei barili di petrolio prodotti, solo in due casi specifici si è invece potuto assistere ad una, seppur minima, riduzione dell'offerta: nel 2002 e nel 2009. Quale significato e peso è giusto dare a questo fenomeno? Si noti infatti come questi anni siano rispettivamente il periodo "T+1" della crisi mondiale derivante dall'attacco dell'11 settembre 2001 e delle crisi finanziaria del 2008, entrambi facilmente definibili come shock dell'offerta. Questo grafico porterebbe quindi a concludere che il mercato del petrolio è influenzato da shock esogeni. Sfortunatamente questa riflessione appare ovvia quanto banale essendo ogni mercato necessariamente contestualizzato nel sistema economico di riferimento.

L'output informativo e, quindi, la corretta interpretazione che ne viene fuori è semmai che di fronte ad enormi shock esogeni, il mercato petrolifero subisce effetti limitati per un periodo di tempo anch'esso limitato. Questa scarsa reattività testimonia una ridotta elasticità della curva, misura che a sua volta si collega sulle caratteristiche non solo del prodotto in sé ma del paradigma tecnologico al quale quest'ultimo afferisce. La capacità di un mercato, petrolifero in questo caso specifico, di rialzarsi prontamente di fronte a due eventi macroscopici come il 2001 e il 2008, mostra in modo inequivocabile come il sistema di per sé sia ancora fondamentalmente dipendente da questa risorsa energetica e come, per concludere, il potere di mercato, sia saldamente nelle mani dei paesi produttori.

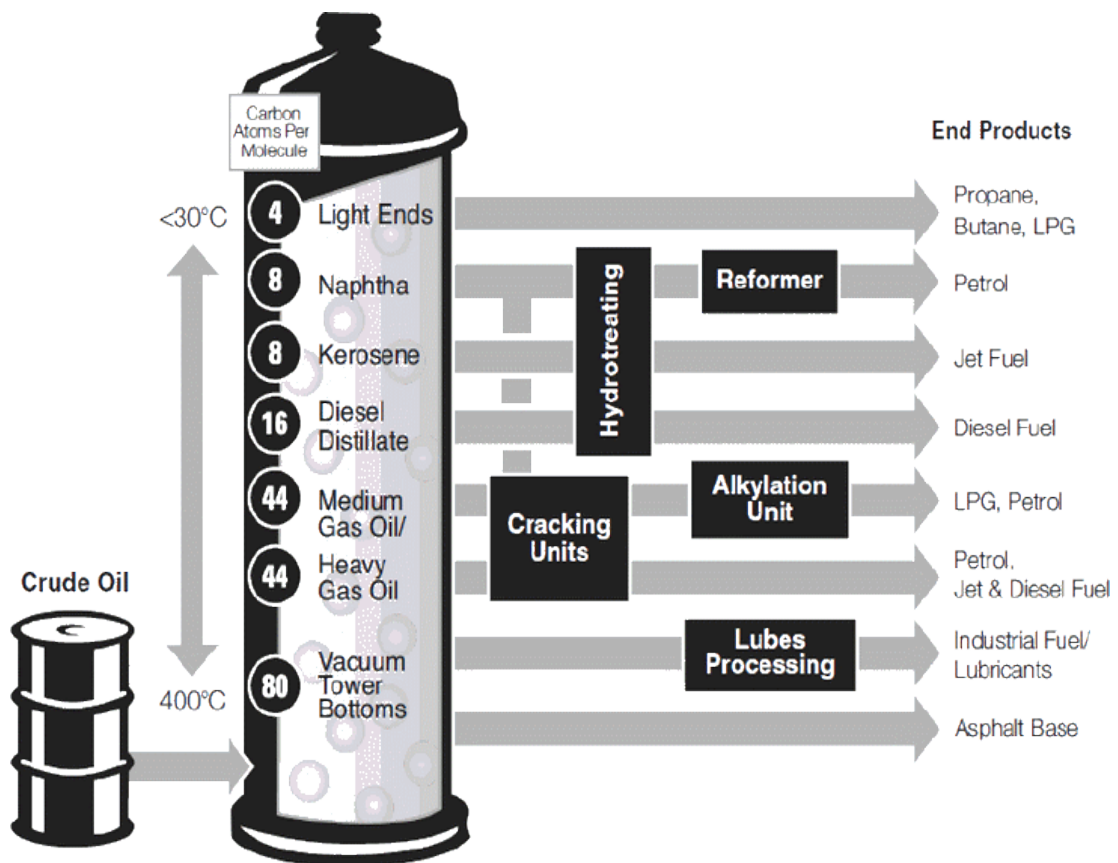
Figura 8 – Offerta Oil globale (BpD)



La Domanda

La Domanda di petrolio greggio è un valore, per certi versi, ancora più complicato da definire. Il problema è particolarmente complesso poiché è necessario, ex ante, comprendere come questo prodotto sia al contempo una risorsa primaria e grezza (come il nome già sottolinea), un semilavorato, un prodotto finito per il mercato B2B ed un prodotto finito per il mercato *retail*. Sarebbe, inoltre, errato identificare quest'ultimo con il mercato del consumo finale, poiché il Crude Oil in nessun caso viene utilizzato dal singolo acquirente, viceversa vi sono diverse tipologie di clienti industriali che ne fanno uso.

Figura 9 – Fase downstream



Per gli obiettivi di questa ricerca, è chiaro come il Greggio debba essere necessariamente inteso come il prodotto che fuoriesce dalle centrali di estrazione, poste in prossimità del giacimento e che, opportunamente depurato, viene infine

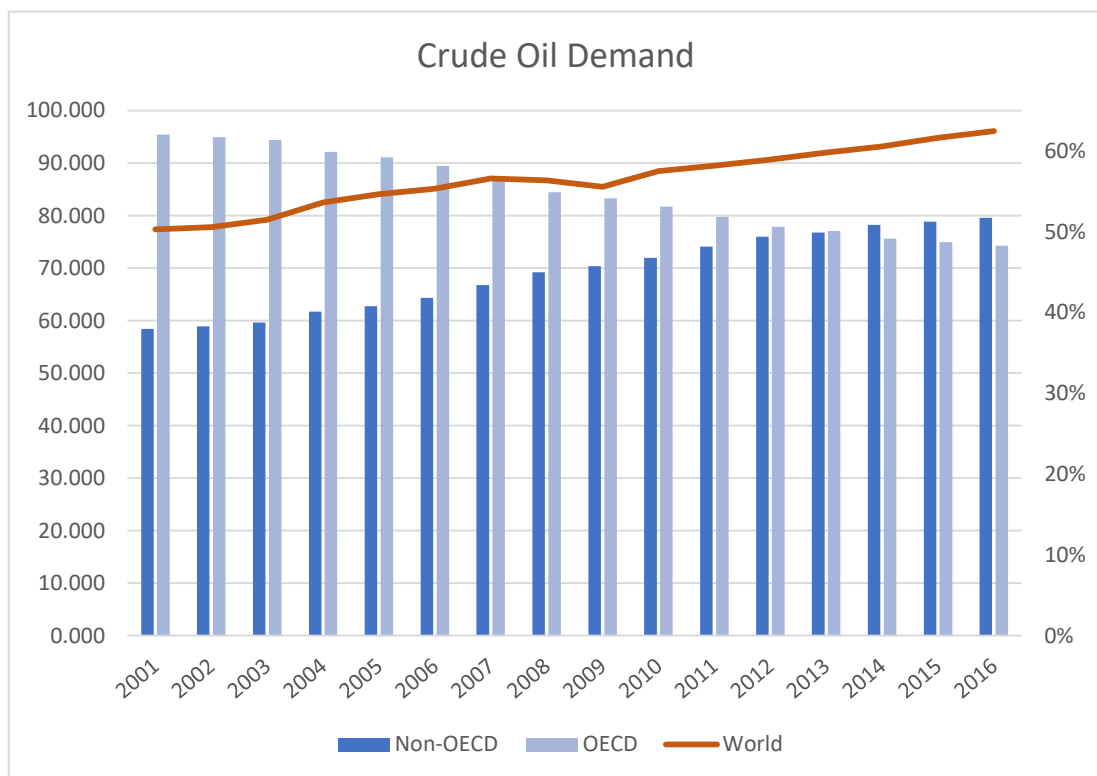
inviato alle raffinerie per essere raffinato. Il problema dunque della valutazione della domanda di Crude Oil, riguarda principalmente la definizione di quali siano le specifiche di questo valore, ovvero quali siano le forze che lo caratterizzano ed i fenomeni che in qualche modo ne influenzano l'andamento nel corso del tempo. Appare chiaro come il petrolio greggio domandato sia tale poiché debba essere trasportato dai siti estrattivi fino ad i centri di raffinazione per poter essere, infine, trasformato in un prodotto utilizzabile e quindi vendibile. La domanda di greggio quindi è rappresentata dall'intero settore *downstream*.

Il greggio estratto viene trasportato alle raffinerie degli acquirenti, nei serbatoi di stoccaggio, di solito su petroliere o attraverso *pipeline*, mentre i camion e i treni sono utilizzati più per i prodotti petroliferi già raffinati. Gli oleodotti, costruiti in acciaio, hanno un diametro che varia tra i 10 e i 120 cm ed un lunghezza molto variabile che può arrivare fino a migliaia di chilometri. Questa tipologia di trasporto è anche caratterizzata da un costante sviluppo tecnologico che ne aumenta, progressivamente, la dimensione e la potenza. Nonostante la ridotta flessibilità, gli oleodotti ad oggi risultano essere il mezzo più sicuro, efficiente ed economico per il trasporto del greggio. A riprova di ciò si noti come tutti i moderni campi estrattivi del mondo siano collegati tramite pipeline. Un altro mezzo per trasportare il petrolio non raffinato è certamente la nave. Le petroliere sono degli enormi mezzi *oceangoing* specializzati ed appositamente costruiti per trasportare il Crude Oil da una parte all'altra del globo. Infine un ulteriore mezzo è rappresentato dalle autocisterne su strada e su ferrovia. Esse sono unità speciali di stoccaggio e trasporto, fortemente assicurate contro possibili incidenti.

Le raffinerie lavorano il greggio attraverso molti cicli di distillazione, che producono una grande varietà di prodotti petroliferi. Come detto in precedenza, più leggeri e più dolci sono i tipi di petrolio, tanto più facilmente essi saranno raffinati e trasformati in prodotti di alta qualità o, per meglio dire, caratterizzati da un valore maggiore. La riflessione che quindi è necessario fare a questo punto riguarda quale

sia, o quali siano, i fattori che in modo più o meno preponderante influenzano la domanda di Crude Oil.

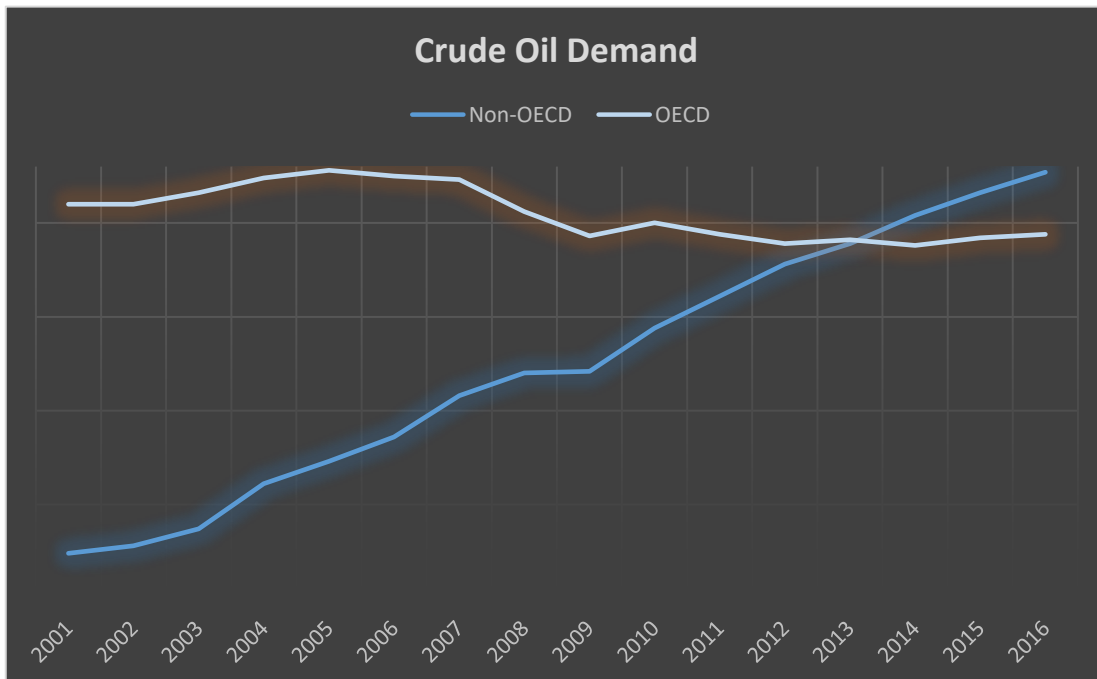
Figura 10 – Domanda di greggio globale e per cluster in percentuale



È probabile che il primo – e forse più importante – fattore che riesca a spiegare l’andamento della domanda sia proprio la ricchezza prodotta all’interno di ogni singolo paese. Questo fattore, che potrebbe apparire di natura esclusivamente economica, ha invece una fortissima relazione con la forza e l’intensità con cui vengono richiesti barili da raffinare ogni giorno. Il motivo è molto semplice e verrà analizzato con maggiore dettaglio nel capitolo III; l’idea di base è che il GDP sia la misura della produzione di un paese e ad alti livelli di output nazionale di norma vengono associati alti livelli di consumo energetico. Questo potrebbe a ritenere che maggiore è il PIL di un paese maggiore sarà la richiesta di greggio da raffinare. È altresì necessario tenere presente però anche un altro concetto, ovvero sia che all’aumentare del PIL, aumenti anche la ricchezza pro-capite. Questo valore ha invece

un effetto opposto, poiché maggiore è il GDP per-capita, minore sarà la disponibilità degli abitanti ad avere, sul proprio territorio nazionale, siti di raffinazione inquinanti.

Figura 11 – Domanda di Greggio espressa – Mln di BpD



Questo spiegherebbe quindi il motivo per cui ci troviamo di fronte ad un processo temporale nel quale i paesi “sottosviluppati”, che per comodità sono stati raccolti nel macro-gruppo dei non appartenenti all’Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico, risultano complessivamente avere un aumento della domanda di barili di greggio giornaliero. Al contrario i paesi “ricchi”, quelli in cui cioè vi è un GDP pro-capite alto, stanno vivendo negli ultimi 15 anni una lenta riduzione del petrolio non raffinato domandato dai siti di raffinazioni operanti all’interno dei propri confini. Questa iniziale e sintetica analisi grafica mostra già dei primi fenomeni che risulteranno centrali nell’analisi. La domanda di prodotto da raffinare è molto diversa in base al contesto. Lo sviluppo economico, quindi, potrebbe essere l’elemento per distinguere la propensione all’inquinamento o, quantomeno, all’inquinamento da raffinazione. Sarà bene tenere in mente questa distinzione.

Figura 12 – Domanda paesi sviluppati – Mln di BpD

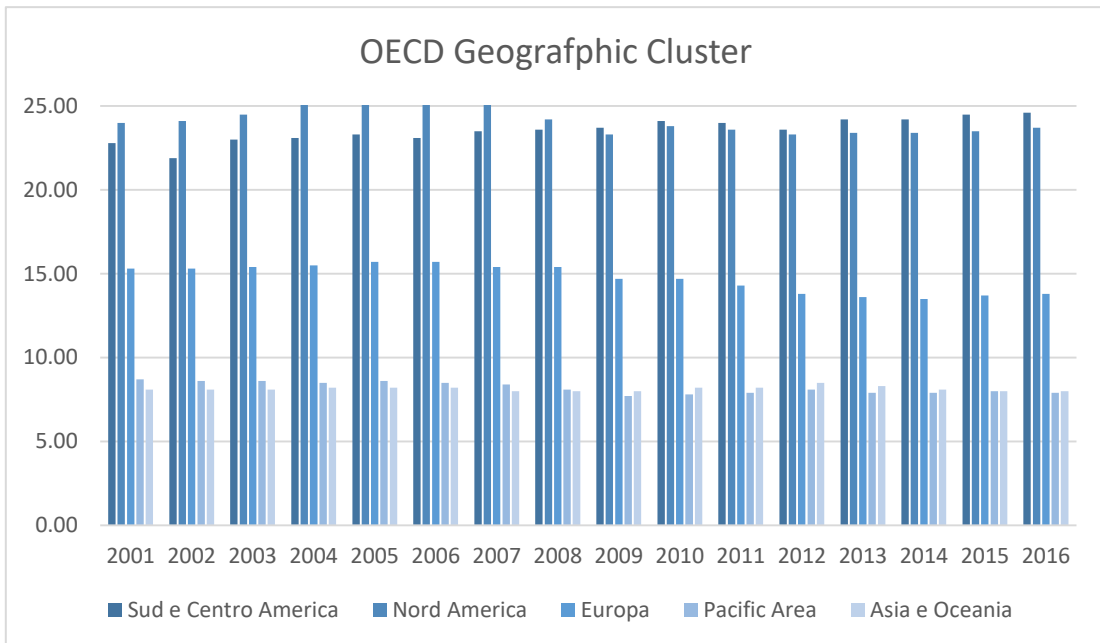
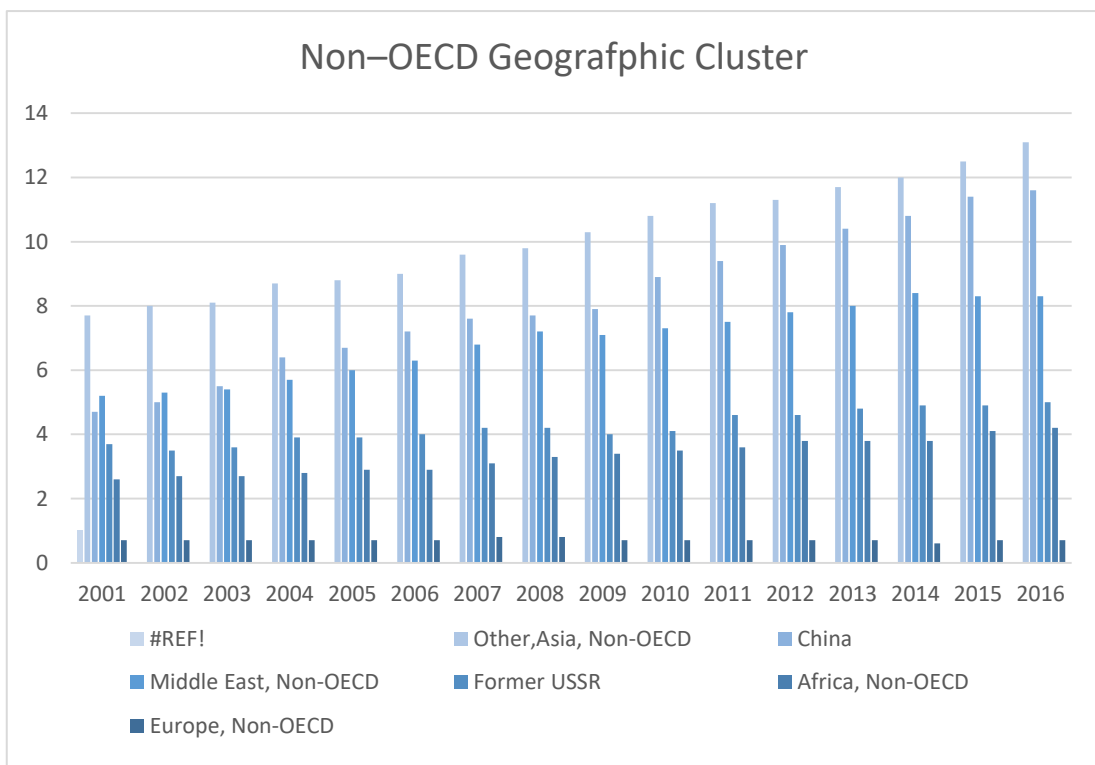


Figura 13 – Domanda paesi non sviluppati – Mln di BpD



Il Commercio Internazionale

La Domanda e l'Offerta di Crude Oil si incontrano nella *commodity exchange* di riferimento, che è quasi sempre il mercato borsistico. Gli scambi avvengono tramite opzioni, futures e la consegna fisica di petrolio greggio e prodotti petroliferi diversi. Come già detto, vi sono attualmente due principali borse nelle quali viene negoziato e scambiato l'olio: il New York Mercantile Exchange (NYMEX) a New York e l'Intercontinental Exchange (ICE) di Londra e Atlanta.

Il petrolio è scambiato in numerose qualità diverse, ma quattro miscele di oli leggeri sono considerati come parametri di riferimento²¹ che rappresentano anche le principali zone di produzione di petrolio: il Brent (Mare del Nord, Europa) di cui si è abbondantemente già parlato, il West Texas Intermediate ("WTI", Stati Uniti), il Dubai Crude (anche chiamato "Fateh", negli Emirati Arabi Uniti) e l'OPEC Reference Basket che non è una miscela di olio in sé, ma una media ponderata delle 13 miscele dei vari paesi membri dell'OPEC²². I prezzi di questi parametri di riferimento sono fortemente correlati; WTI e Brent sono stati quasi uguali per decenni, con una media di 1,44 \$ a favore del WTI per venti anni. La Commodity Futures Trading Commission (CTCF), un'agenzia del governo degli Stati Uniti per il monitoraggio del NYMEX, classifica i partecipanti agli scambi in due categorie principali: commerciali e non commerciali. I partecipanti commerciali includono i produttori di petrolio, le raffinerie di petrolio (i c.d. *manufacturers*), i commercianti di petrolio e commercianti di swap. Questi partecipanti agiscono nel mercato o proprio al fine del commercio di petrolio o per coprire i loro rischi connessi alle imprese petrolifere. I partecipanti non commerciali d'altra parte non hanno un collegamento commerciale diretto con il petrolio e sono

²¹ In particolare questi dati fanno riferimento alle contrattazioni presso il NYMEX (New York Mercantile Exchange) che è il principale mercato mondiale per futures ed options sui prodotti energetici, come petrolio e gas naturale, su metalli preziosi, come argento, oro, palladio e platino; e su metalli industriali, come alluminio e rame e presso l'Intercontinental Exchange, o anche ICE, che è una società finanziaria statunitense nata nel 2000 che opera in mercati basati su Internet che commercia in futures ed energia, commodity e prodotti finanziari derivati nei mercati over the counter.

²² A differenza dei tre parametri di riferimento principali, il paniere OPEC comprende anche alcuni oli pesanti.

quindi spesso definibili come speculatori e sono ulteriormente suddivisibili in due sottogruppi: gli hedge fund ed i *floor brokers*²³. Il prezzo spot del petrolio greggio non è in realtà un prezzo corrente, ma un contratto a termine di un mese, anche chiamato *front month*. Ciò è dovuto alla natura del petrolio, che richiede un tempo per la consegna fisica, a differenza degli scambi in valute o titoli. Nel NYMEX per esempio, il tempo per la negoziazione della consegna fisica si conclude tre giorni lavorativi prima al 25° giorno di calendario del mese precedente la consegna. La merce viene consegnata entro la fine del mese di consegna ed in base ai dettagli contrattuali. L'olio è reso disponibile in una location ben precisa e definita e all'acquirente viene demandato l'onere del trasporto. Dopo la data di chiusura, il mercato continuerà la negoziazione per il mese prossimo²⁴. Se si mettessero a confronto la Domanda e l'Offerta di greggio si potrebbe rimanere sorpresi dal modo in cui i paesi non sviluppati rappresentino, effettivamente, i punti di riferimento nel mercato. Ciò però conferma assolutamente quanto detto finora, ovvero sia l'idea – fin qui elevabile al massimo a livello di tesi teorica – per cui paesi meno regolamentati siano più caratterizzati da fenomeni di *Path Dependence* e risultino quindi fortemente collegati con le lavorazioni, con le estrazioni e con le raffinazioni. Ciò dovrebbe, sempre in teoria, arrecare un aggravio in termini di emissioni nocive e non permettere un'evoluzione positiva della produttività del lavoro. Discorso simile ma speculare per i paesi ricchi e regolamentati. Si pensi per esempio alla Unione Europea. Il confronto con il Middle East (Fig. 15) è certamente impietoso e sbilanciato. Ciò non significa che l'Europa non inquina bensì che l'inquinamento in questo ricco continente, a rigor di logica non dovrebbe (il condizionale è d'obbligo) essere generato dalla lavorazione ma, più presumibilmente, dal consumo del prodotto finito.

²³ Commodity Futures Trading Commission (CFTC), US Interagency Task Force (ITF) on Markets. *Interim Report on Crude Oil* 2008. Staff Report. Working paper.

²⁴ Borenstein, Severin. "Cost, conflict and climate: US challenges in the world oil market." Center for the Study of Energy Markets (2008).

Figura 14 – Crude Oil Imports e Exports – periodo 2009–2013

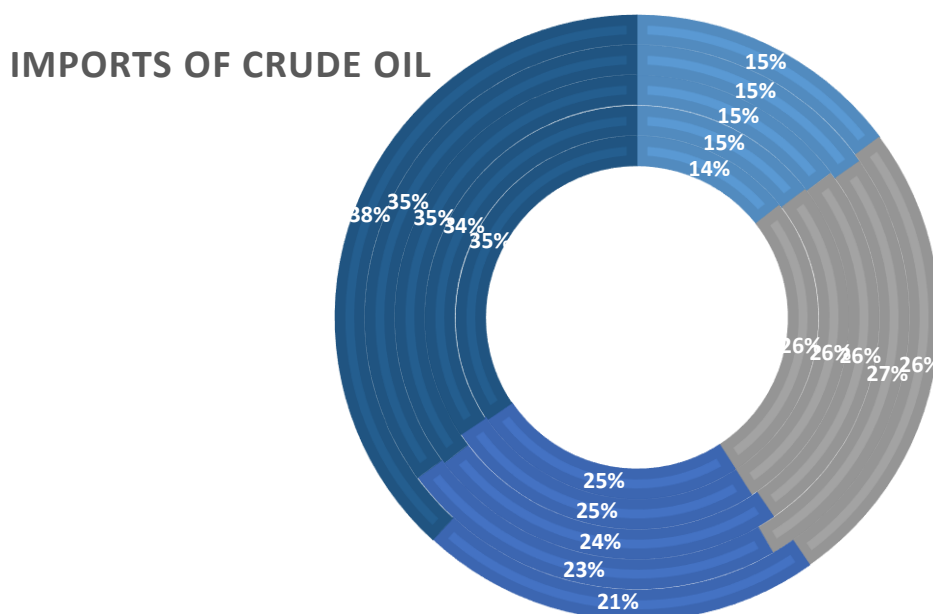
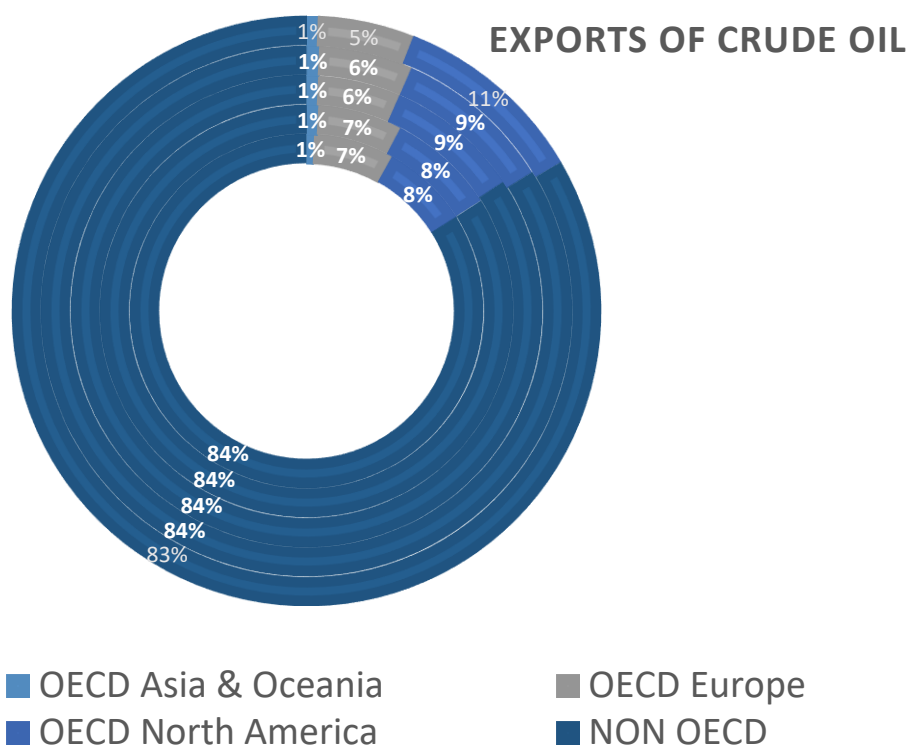
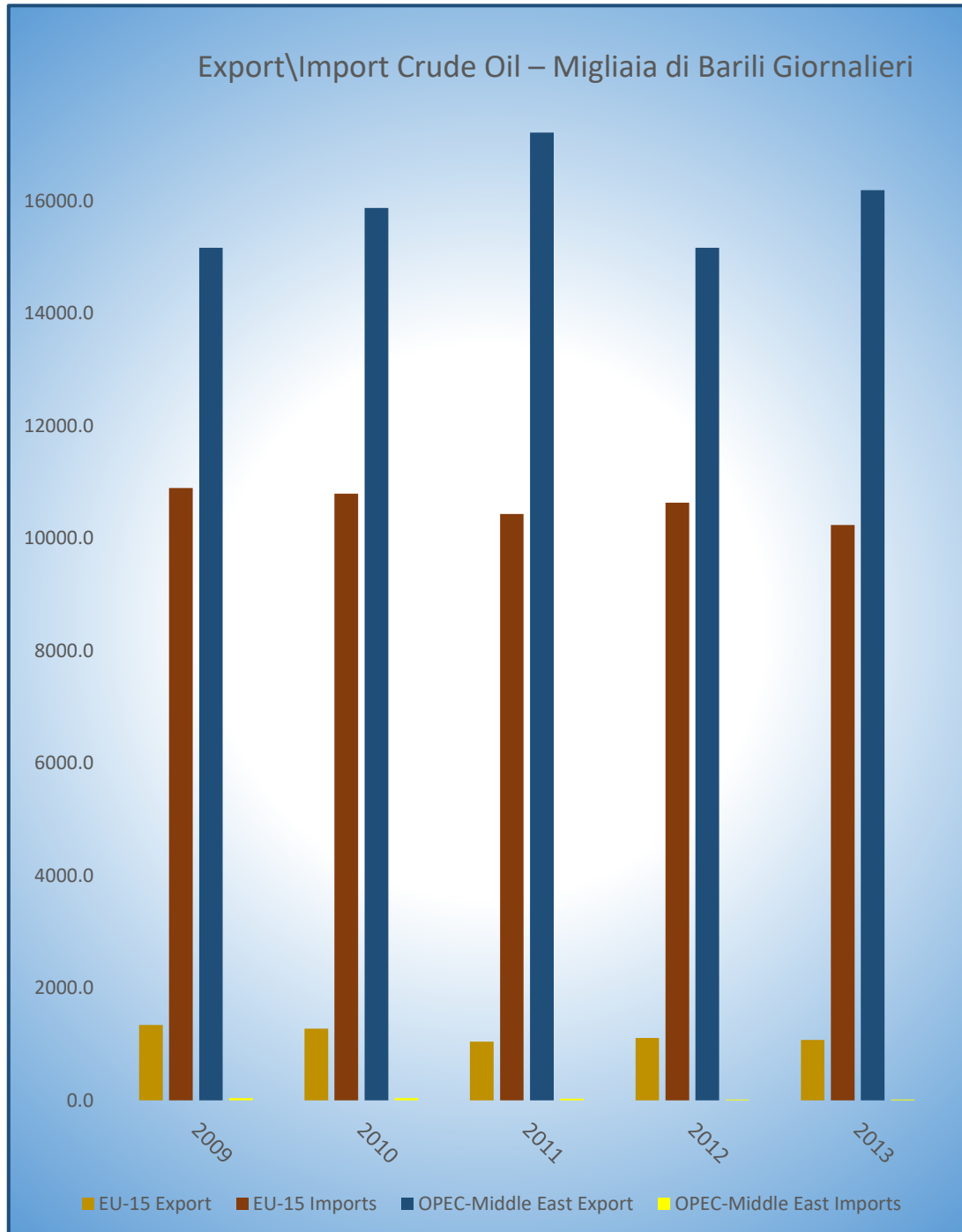


Figura 15 – European Union Vs Middle East – Periodo 2009–2013



Le Emissioni Inquinanti

Nel gennaio 1980, la Dottrina Carter identificava il Golfo Persico come un "interesse vitale" degli Stati Uniti, dichiarando che qualunque tentativo, da parte di una forza esterna, di ottenere il controllo della suddetta regione sarebbe stato considerato come un attacco agli interessi vitali del Paese²⁵. Appare, quindi, quantomeno pleonastico affermare la centralità che questa risorsa ha nel nostro sistema economico.

Nonostante il fatto che un'attenta discussione circa i benefici economici e politici di una maggiore produzione e di un miglior coordinamento dei flussi petroliferi sia evidentemente già stata portata avanti, oltretutto in modo decisamente articolato, è altresì altrettanto evidente come l'ambiente, la salute e soprattutto i costi sociali di un aumento dei flussi di petrolio siano ancora argomenti in parte assenti dalle deliberazioni politiche di molti governi.

È quasi completamente assente dal pubblico dibattito, cosa forse ancora più importante, l'attuale e reale distribuzione dei costi e dei vantaggi di una maggiore produzione di petrolio tra i paesi, le comunità e gli individui medesimi. Vi sono infatti molti effettivi trade-off derivanti da un aumento della produzione e del consumo di petrolio. Ma quanto bene le comunità possono riuscire a comprendere costi e benefici di un tale impegno nel settore del petrolio? Quali dati sono disponibili per valutare l'impatto della produzione e del consumo di petrolio nelle diverse fasi del ciclo di vita dell'olio stesso? Quali prove ed analisi sono a disposizione per confrontare compromessi in materia di sicurezza, benefici per lo sviluppo economico, dipendenza energetica, danni ambientali, i costi sanitari e le conseguenze culturali di aumento della produzione di petrolio? Ci si domanda, quindi, se il mondo oggi sia in grado di

²⁵ Klare, Michael. *“Resource wars: the new landscape of global conflict”*. Macmillan, New York: Metropolitan Books, (2001).

guardare questa dotazione di capitale in modo neutrale e scevro da ogni idealismo, al fine di poter redigere un vero e proprio bilancio e dettare, quindi, nuove policies.

Esternalità negative

Il petrolio fornisce ovviamente notevoli vantaggi per la società e serve una grande diversità di scopi, che comprendono il trasporto, il riscaldamento, l'elettricità, le applicazioni industriali ed è un input per oltre 2000 prodotti finali²⁶. Ciò avviene perché il petrolio è un carburante ad alta energia e densità, relativamente facile da trasportare e immagazzinare ed estremamente versatile nelle sue applicazioni finali²⁷. Il petrolio è anche il bene più prezioso nel commercio mondiale²⁸.

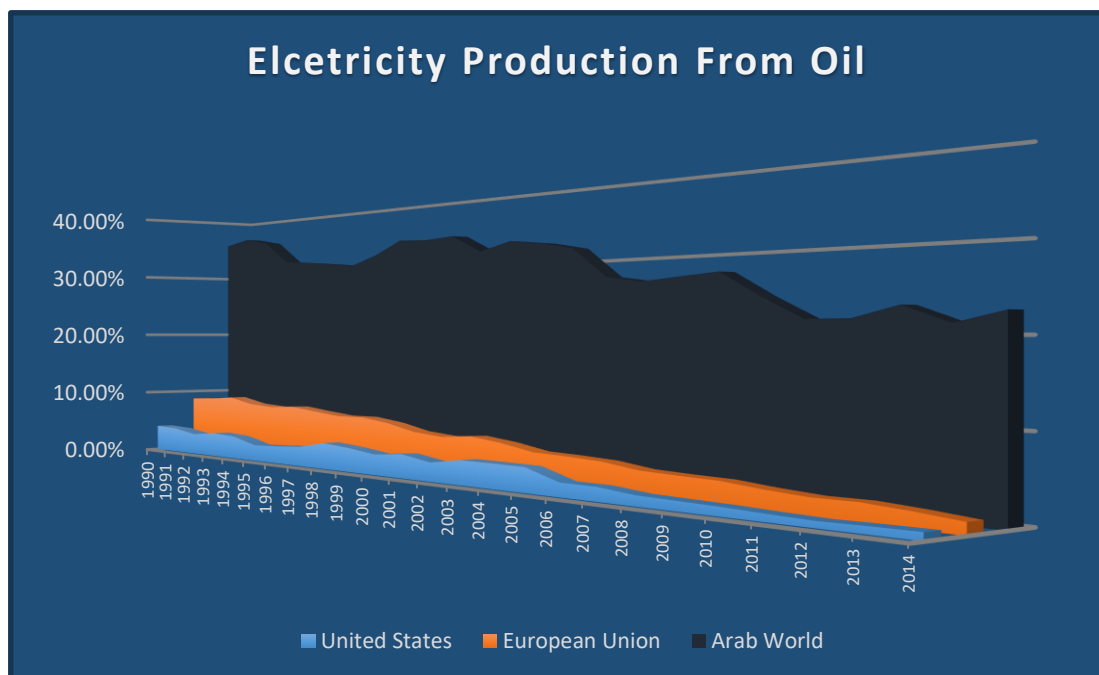


Figura 16 – Percentuale produzione elettricità da Petrolio

²⁶ International Labour Organization (ILO) *Oil and Gas Production – Oil Refining 2002*. Fonte: <http://www.ilo.org>

²⁷ Youngquist, Walter. "Alternative energy sources." *Oil Crisis*, October (2000). Fonte: <http://www.hubbertpeak.com/>

²⁸ O'Rourke, Dara, and Sarah Connolly. "Just oil? The distribution of environmental and social impacts of oil production and consumption." *Annual Review of Environment and Resources* 28.1 (2003): 587–617.

Le tasse e le imposte sul prodotto sono una fonte importante di reddito per circa 90 governi. Il petrolio è la voce più importante nella bilancia dei pagamenti e degli scambi tra le nazioni e rappresenta un fattore di cruciale importanza nella politica – a livello locale – in materia di sviluppo, posti di lavoro, salute ed ambiente. L'industria globale del petrolio fornisce anche posti di lavoro significativi ed elevati profitti, impiega infatti direttamente diverse decine di milioni di lavoratori nella produzione e raffinazione.

Il petrolio produce anche impatti e costi negativi significativi e variegati per la salute umana e l'ambiente; pertanto è fondamentale, per una realistica valutazione costi/benefici dell'olio, comprenderli ed analizzarli. Anche se il NEPDG Report²⁹ incoraggia lo sviluppo petrolifero, esso fornisce però poche informazioni sulle conseguenze negative di questo sviluppo. Solo di recente sono emersi un numero crescente di report che espongono gli impatti ambientali e sociali dell'esplorazione, trasporto e raffinazione.

Gli Effetti del Crude Oil sull'Ecosistema

L'esplorazione petrolifera, la perforazione e l'estrazione sono la prima fase, o ciò che l'industria chiama *up-stream* del lungo ciclo di vita dell'olio. Ci sono attualmente circa 40.000 campi di petrolio del mondo³⁰ e ci sono stati oltre 4000 nuove licenze di esplorazione di petrolio concesse negli ultimi 10 anni³¹. Processi sempre più complicati e costosi per la localizzazione di depositi di petrolio in posizioni remote e inospitali hanno sempre più rilevanti impatti ambientali³².

L'esplorazione, la perforazione e le attività di estrazione on-shore e off-shore sono intrinsecamente invasive e influenzano gli ecosistemi, la salute umana e le

²⁹ Report of the National Energy Policy Development Group

³⁰ Mead, Walter. "Crude oil supply and demand." *The Environment of Oil*. Springer Netherlands, 1993. 43–83.

³¹ Petroconsultants UK Ltd. *World Petroleum Trends Rep*. Petroconsultants, London, 1998.

³² Edoigiawerie, Charles, and Jeffery Spickett. "The environmental impact of petroleum on the environment." *African journal of health sciences* 2.2 (1995): 269–276.

culture locali. Le compagnie petrolifere combinano l'uso di tecniche di rilevamento e mappatura satellitare a distanza con la prova sismica per identificare potenziali riserve di petrolio. Quando le riserve sono identificate, le aziende iniziano a costruire strade, piattaforme e pipeline, a portare equipaggi e veicoli e perforare pozzi esplorativi per i test. Una volta che l'olio viene scoperto, le attività di esplorazione vengono espanso per l'estrazione su scala commerciale, che richiede più pozzi e più infrastrutture. I metodi per l'estrazione del petrolio comprendono una gamma di tecniche di perforazione e impiego di esplosivi sottosuolo (in alcuni casi storici anche l'uso di cariche nucleari)³³.

L'alterazione fisica degli ambienti di esplorazione, perforazione ed estrazione possono andare molto al di là di una (semplice) fuoriuscita di petrolio. I principali impatti comprendono l'emissione di gas serra, la deforestazione, la distruzione degli ecosistemi, la contaminazione chimica di terra e di acqua, danni a lungo termine per le popolazioni animali (in particolare gli uccelli migratori e mammiferi marini), rischi per la sicurezza per le comunità limitrofe e dei lavoratori dell'industria petrolifera e lo spostamento delle comunità indigene. L'esplorazione richiede attrezzature pesanti in movimento (una piattaforma mobile per la foratura temporanea può pesare più di 900 tonnellate) in ambienti remoti. Il disboscamento per le strade e le piattaforme può portare a deforestazione e l'erosione. La foratura durante entrambe le fasi di esplorazione ed estrazione utilizza notevoli quantità di acqua che vengono contaminate attraverso la perforazione e poi scaricate nell'ambiente. Queste scariche provocano una contaminazione chimica di terra e acqua da rifiuti petroliferi, fluidi di perforazione e sottoprodotti di perforazione quali acqua, detriti di perforazione e fango.

³³ Epstein PR, Selber J. *Oil: A Life Cycle Analysis of Its Health and Environmental Impacts*. Boston: Center Health Glob. 2002

G8 Greenhouse Gases Emissions

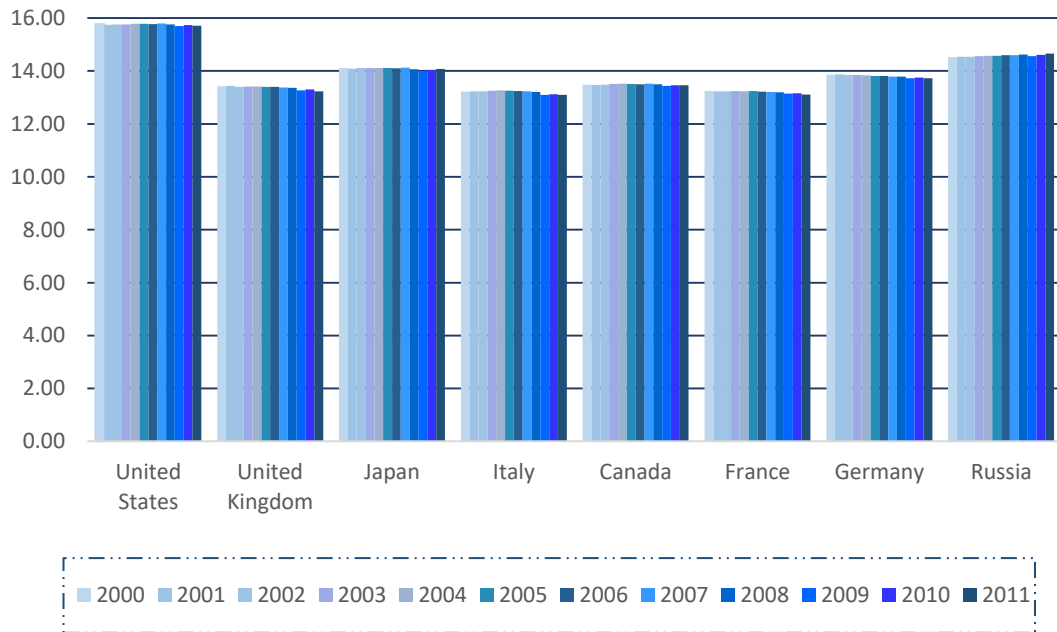


Figura 17 – Livelli di Emissioni (in Ln) di GHG – periodo 2000/2011

L'industria *Oil&Gas* negli Stati Uniti da sola genera più rifiuti solidi e liquidi di tutti gli altri settori (agricolo, minerario, industriale, etc...) combinati. La perforazione e il pompaggio, in particolare, producono la maggior parte dei rifiuti del settore. Circa il 20% dei rifiuti non pericolosi prodotti negli Stati Uniti ogni anno vengono appunto da queste due fasi del processo produttivo.

Le attività di esplorazione ed estrazione, inoltre, producono quantità voluminose di rifiuti solidi conosciuti come *drilling wastes* e *associated wastes*. Anche se questi ultimi costituiscono una percentuale relativamente piccola di rifiuti totali, hanno un'elevata probabilità di contenere grandi quantità di prodotti chimici che sono fonte di preoccupazione per la salute e per la sicurezza. Nei campi di petrolio, praticamente in ogni fase della produzione vi è un pozzo dei rifiuti; tali pozzi di scarico a vista costituiscono un pericolo non solo per le falde acquifere, ma anche per gli animali e gli uccelli che scambiano i box per pozze d'acqua.

Tali attività up–stream possono anche comportare a una serie di impatti acuti e cronici sulla salute. Tali rischi avvengono attraverso l'esposizione a materiali radioattivi naturali portati in superficie durante la perforazione, nonché attraverso il bio–accumulo di petrolio, mercurio e altri prodotti nei mammiferi e nei pesci che gli esseri umani poi consumano. Molte delle sostanze utilizzate nel lavoro quotidiano di estrazione causano reazioni polmonari e dermatologiche tra i lavoratori.

Gli impatti ambientali locali, infine, dalle raffinerie di petrolio riguardano l'aria tossica, le emissioni di acqua contaminata, le fuoriuscite accidentali di prodotti chimici, lo smaltimento dei rifiuti pericolosi, l'inquinamento termico e l'inquinamento acustico. L'analisi dei dati del Toxic Release Inventory (TRI) rivelerebbero che l'industria del petrolio rilascia il 75% delle sue emissioni tossiche nell'aria, il 24% nell'acqua (di cui il 20% a iniezione nel sottosuolo e il 4% nelle acque di superficie) e l'1% alla terra. I principali inquinanti atmosferici pericolosi rilasciate dall'industria sono benzene, toluene, etilbenzene, xileni misti ed n–eptano. L'accumulo di emissioni atmosferiche di raffineria come idrocarburi, anidride carbonica e solforosa e particelle nell'atmosfera contribuisce alle piogge acide, infine l'accumulo di emissioni atmosferiche di raffineria come idrocarburi, biossido di zolfo, e particolato contribuisce alla pioggia acida.

Il Diossido di Carbonio

L'anidride carbonica, ovvero sia il Diossido di Carbonio è ampiamente riconosciuta come la più rilevante forma di inquinamento “a effetto serra” di origine antropica. A temperatura e pressione ambiente, il diossido di carbonio è un gas incolore e inodore e la sua formula chimica è CO_2 . Il CO_2 è stata identificato e definito come *Green House Gas* – gas a effetto serra – sin dalla fine del XIX secolo, grazie al fatto che la capacità di assorbimento dell'atmosfera “it is not exerted by the chief mass of the air, but in a high degree by aqueous vapour and carbonic acid, which

are present in the air in small quantities”³⁴. L’IPCC – *Fourth Assessment Report Summary for Policymakers*³⁵ ritiene che il contributo della CO₂, nel mix di Gas Serra, sia intorno al 60%, valore che corrisponde con le stime del MIT *Integrated Global Systems Model*.

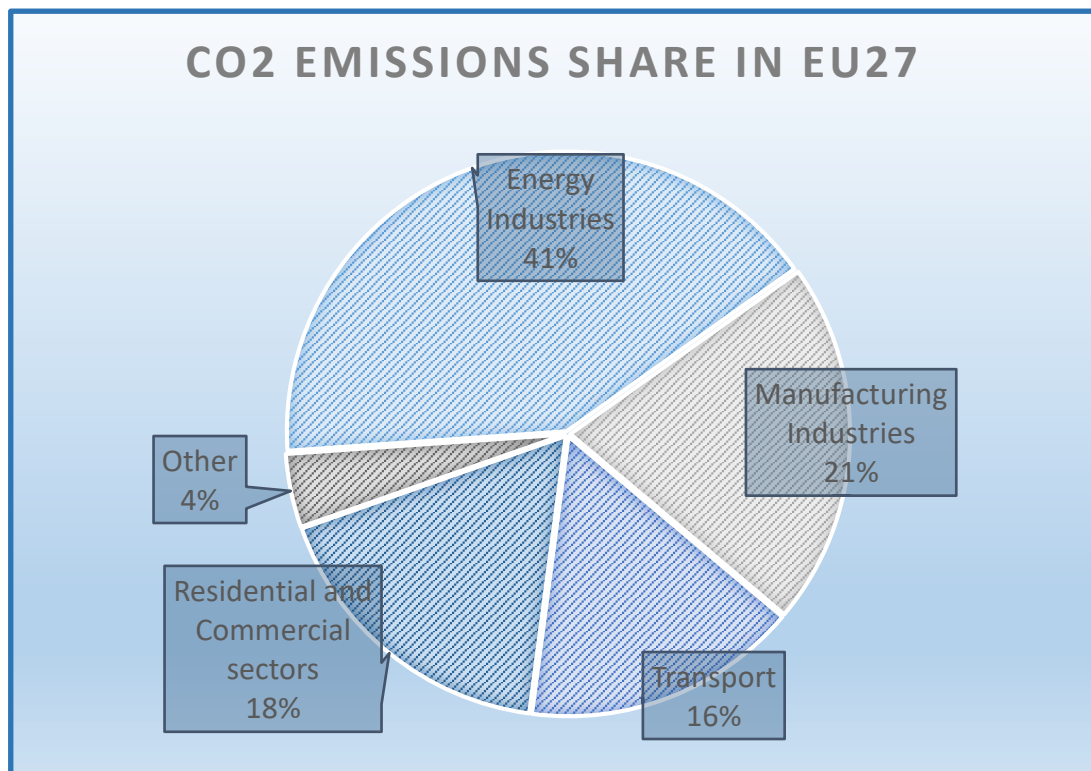


Figura 18 – Emissioni di CO₂ Total Energy Related

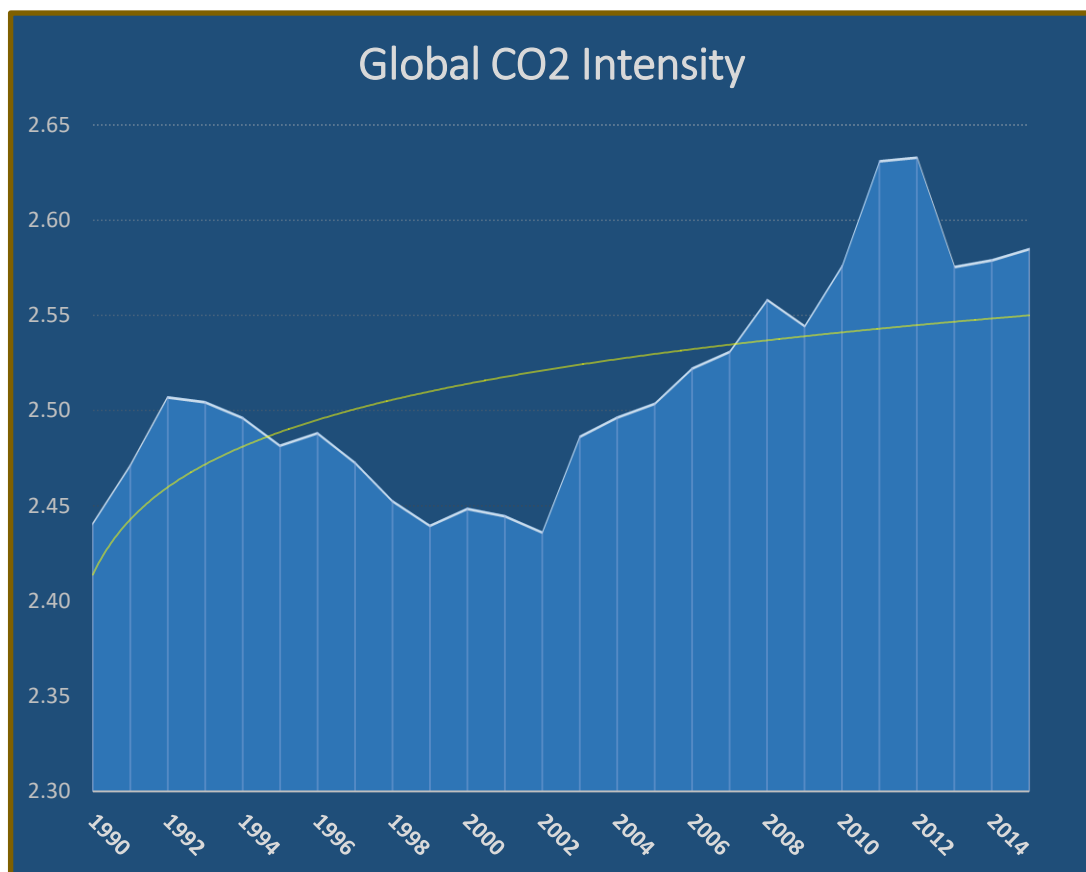
Le emissioni inquinanti di CO₂ possono essere suddivise in energetiche e non-energetiche in funzione del tipo di attività che le ha generate. Queste ultime possono essere generate da numerosi processi industriali (per il 95,7% dei casi), dall’uso di particolari solventi ed anche come risultato (o per meglio dire scarto) di attività di waste management. Le emissioni c.d. *Energy Related* (Fig. 18), invece, sono rilasciate nell’ambiente come conseguenza della combustione di combustibili fossili come Crude Oil, carbone, gas naturale e, più in generale, idrocarburi, che vengono utilizzati

³⁴ Arrhenius, S., *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground*. Philosophical Magazine, (pp 41; 237) 1896

³⁵ Alley, Richard B., et al. "Summary for policymakers." (2007): 1–18.

nei processi di generazione di energia. Il Diossido di Carbonio è, in particolare, emesso a seguito dell'ossidazione del carbone³⁶. Per dare un'idea del peso che le emissioni energy related hanno sul panorama totale, basti pensare che nell'EU27, oltre il 90% delle emissioni totali di CO2 provengono proprio da attività di generazione di energia.

Figura 19 – Emissioni di CO2 rispetto a Energy Use



Gran parte della spinta negativa causata dalle emissioni CO2, nel corso della storia, è stata in parte bilanciata dai c.d. *aerosol di solfati*³⁷ che sono stati prodotti contemporaneamente, tuttavia con l'avvento dei dispositivi di controllo dell'inquinamento, il rapporto CO2/solfato è aumentato notevolmente e in ogni caso la durata secolare del CO2 comporta il fatto che l'anidride carbonica rappresenti a

³⁶ International Energy Agency (IEA) Statistics (op. cit.)

³⁷ Hansen, James, et al. "Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario." Proceedings of the National Academy of Sciences 97.18 (2000): 9875–9880.

tutti gli effetti un problema stock³⁸ mentre gli aerosol hanno una durata misurabile in settimane³⁹. A riprova di ciò, si noti come le concentrazioni di Diossido di Carbonio siano drasticamente aumentate negli ultimi anni e come anche il rapporto tra le emissioni di Diossido di Carbonio e il consumo energetico sia andato ad aumentare fortemente nel periodo 1990–2014 (Fig. 19). La CO₂ è un prodotto legato in modo diretto alla combustione di combustibili fossili e le emissioni sono suscettibili di aumenti significativi poiché, in assenza di forti ed eclatanti azioni politiche, i combustibili fossili tenderanno sempre – o quanto meno per molto tempo – a fornire la maggior parte dell'energia in tutto il mondo e al contempo il consumo di energia stesso si prevede continuerà a crescere essendo correlato con i sistemi economici.

Pertanto, è probabile che la CO₂ continui a posizionarsi sul più alto gradino del podio⁴⁰ di questa infausta gara sulla diffusione di emissioni nocive nell'ambiente. A differenza di altri inquinanti, tale Gas è inoltre molto difficile da eliminare con l'uso di tecnologie end-of-pipe. Le soluzioni attualmente più realizzabili dal punto di vista tecnologico sono però particolarmente controverse, costose ad alto consumo di energia, come ad esempio la cattura della CO₂ ed il deposito di questa in bacini oceanici o geologici, o addirittura approcci nuovi ed in gran parte non testati come l'utilizzo di *flue gas* al fine di far crescere alghe che ne riducano le concentrazioni aeree⁴¹.

Questa oggettiva mancanza di misure standard di contrasto alle emissioni di CO₂ rappresenta il principale motivo, dunque, per cui si ritiene che tale gas sia, e sarà, il più difficile da abbattere tra tutti i GHG a meno che non si mettano in atto diverse policies finalizzate a scongiurare scenari molto pericolosi (vedi Fig. 20).

³⁸ Novakov, T., et al. "Large historical changes of fossil-fuel black carbon aerosols." *Geophysical Research Letters* 30.6 (2003).

³⁹ Andreae, Meinrat O., Chris D. Jones, and Peter M. Cox. "Strong present-day aerosol cooling implies a hot future." *Nature* 435.7046 (2005): 1187–1190.

⁴⁰ Sarofim, Marcus C. *Climate policy design: Interactions among carbon dioxide, methane, and urban air pollution constraints*. Diss. Massachusetts Institute of Technology, (2007).

⁴¹ Schwartz, Evan I., *The Algae Alternative*, The Boston Globe, July 12th, Boston, MA (2004)

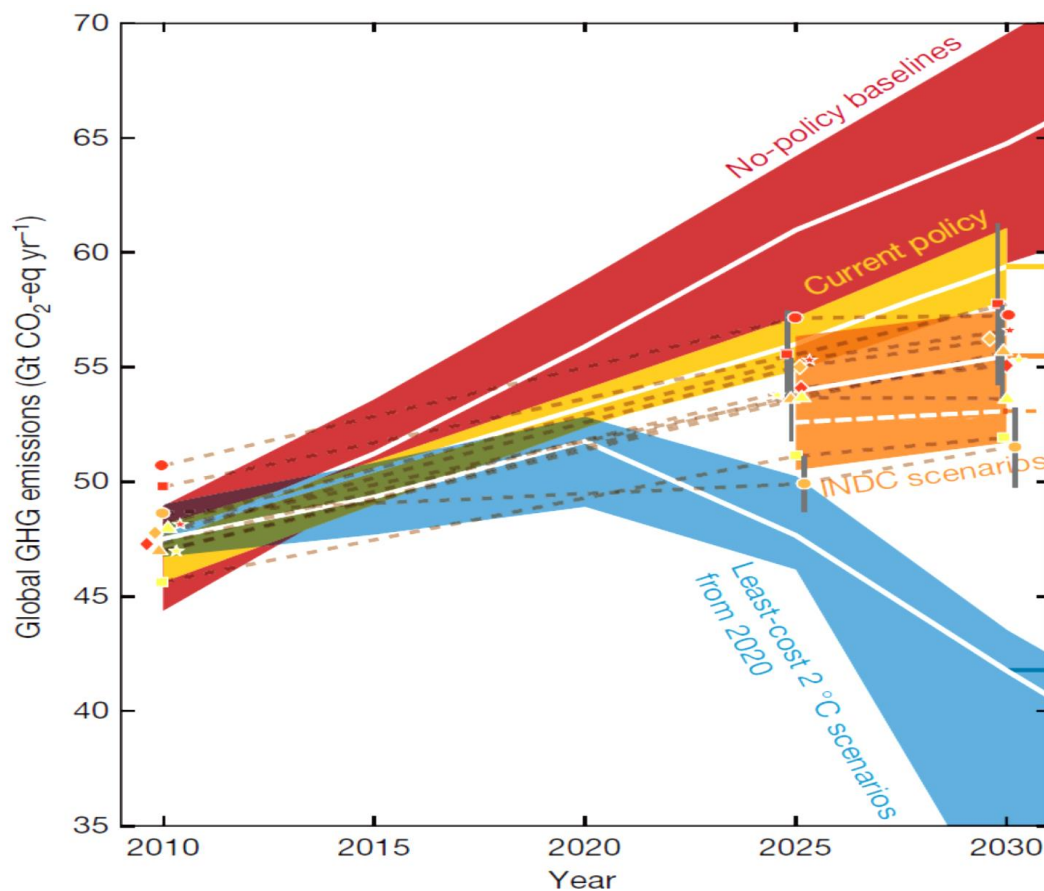


Figura 20 – Previsioni sviluppi futuri GHG Emissions⁴²

Contrastare l'inquinamento

La Conferenza di Rio del 1992 è generalmente considerata il punto di inizio di uno sforzo globale per combattere i cambiamenti climatici atmosferici⁴³. Un totale di 172 governi parteciparono al convegno che si tenne a Rio de Janeiro. Un risultato fondamentale della conferenza fu che venne concordato il trattato UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). Il trattato ha avuto l'obiettivo di stabilizzare le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera a un livello tale da impedire pericolose interferenze antropogeniche con il sistema climatico. Limiti specifici ai gas

⁴² Rogelj, Joeri, et al. "Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C." *Nature* 534.7609 (2016): 631–639.

⁴³ Mulder, Arnold. *CO2 Emissions Trading in the EU: Models and Policy Applications*. Diss. PhD thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 2015.

serra non furono specificatamente menzionati nel trattato, ma fu fornito un quadro di riferimento per ulteriori negoziati.

Le parti dell'UNFCCC sono tornate al tavolo delle trattative per un totale di 20 volte tra il 1995 e il 2004, presso le cosiddette *Conferences of parties*. Nonostante questi anni di negoziati e la crescente consapevolezza del ruolo che l'umanità ha nel cambiamento climatico atmosferico⁴⁴, non esiste attualmente alcun accordo a livello mondiale efficace su un obiettivo o su uno strumento e finalizzato a ridurre le emissioni di gas serra. Il protocollo di Kyoto ha rappresentato probabilmente il tentativo più riuscito di realizzare un insieme completo di obiettivi giuridicamente vincolanti per la riduzione dei gas serra. Il protocollo prevedeva, infatti, obiettivi di riduzione di gas serra per 41 nazioni, da raggiungere entro il 2012.

La maggior parte dei paesi però non ebbe alcun obiettivo di riduzione fissato poiché considerati paesi in via di sviluppo. Gli Stati Uniti d'America inoltre rifiutarono di ratificare il protocollo di Kyoto, non caricandosi quindi obiettivi di riduzione giuridicamente vincolanti. All'avvicinarsi della scadenza del 2012, ulteriori negoziati per un periodo di rinnovato impegno successivo al 2012, si dimostravano difficili.

I maggiori emettitori di gas serra come gli Stati Uniti, la Russia e la Cina non accettarono le riduzioni, mentre molti altri paesi vollero mantenere il loro status di paese in sviluppo, per il medesimo motivo. Alla fine, dopo lunghe trattative, un rinnovato impegno meno ambizioso fino al 2020 è stato concordato, con un minor numero di nazioni partecipanti. Tuttavia, sulla base del processo durato oltre vent'anni, un impegno davvero globale finalizzato a contrastare il cambiamento climatico sembra, ad oggi, difficile da raggiungere.

Durante l'intero processo di negoziazione, l'Unione Europea (UE) è rimasta una forte sostenitrice e fautrice di rigorosi obiettivi di riduzione delle emissioni globali

⁴⁴ Si leggano ad esempio i vari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (1990, 2007, 2013)

di gas serra. Il Trattato di Maastricht, firmato nel 1992 da tutti gli Stati membri dell'UE, include l'obiettivo che la politica ambientale dell'Unione europea dovrebbe contribuire alla promozione di misure a livello internazionale finalizzate ad affrontare i problemi dell'ambiente a livello regionale o mondiale⁴⁵.

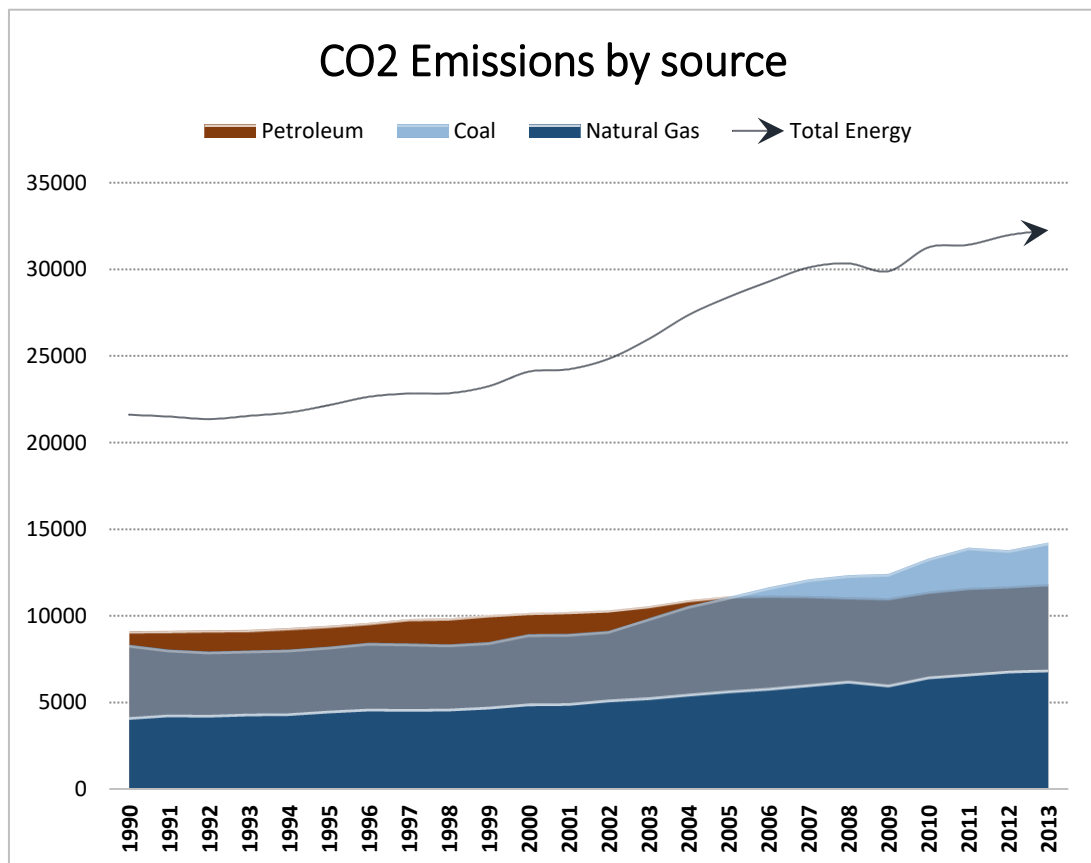


Figura 21 – Emissioni CO2 da Idrocarburi

Gli impatti della produzione di petrolio, del trasporto, della raffinazione e del consumo sono significativi e diffusi. Dagli effetti ambientali sugli ecosistemi fragili, agli impatti culturali sui gruppi indigeni, all'impatto sulla salute dei lavoratori e delle comunità, fino agli impatti climatici globali ed ai conflitti militari, il petrolio è forse la merce singola più controversa e influente nel mondo. Questa breve analisi di alcuni

⁴⁵ Sbragia, Alberta M. "10 Institution—Building from Below and Above: The European Community in Global Environmental Politics." *European integration and supranational governance* (1998): 283.

semplici dati mostra la rilevanza ma anche gli effetti negativi di petrolio, attraverso la sua capacità di generare Diossido di Carbonio nelle varie fasi di produzione.

È inoltre interessante notare come tutti i principali idrocarburi abbiano arrecato un danno ecologico sempre maggiore in termini di CO₂ negli ultimi 25 anni (Fig. 21). Tale fenomeno deve far riflettere non più semplicemente sul “Come” ma anche sul “Perché”, infatti il fenomeno dell’inquinamento da energia riflette una necessità, del contesto di riferimento, di soddisfare esigenze che sono via via crescenti con il progressivo sviluppo socio-economico. In poche parole, l’impressione che si ha è che maggiore sviluppo porta con sé maggiore richiesta di energia e ciò determina inquinamento. Un’idea, quest’ultima, in qualche modo in contrasto con quanto visto nel paragrafo precedente, per cui era la mancanza di regolamentazione ed il basso livello di sviluppo che determinavano opportunità di lavorazioni più economiche.

Anche se numerosi studi hanno analizzato i singoli impatti discreti del crude oil, poche analisi disponibili riguardano la valutazione della distribuzione complessiva o degli impatti cumulativi del petrolio. I dati attuali mostrano comunque come il petrolio sia chiaramente al centro dell’attuale fase di sviluppo industriale delle attività economiche. Tuttavia, l’Oil è anche al centro di alcune delle più preoccupanti problematiche inerenti l’ambiente, la salute e la società nel suo complesso, che oggi i governi ed i cittadini si trovano di fronte. Capire come gestire sia i benefici sia i costi del petrolio, contribuirà a determinare la ricchezza, la salute e la sicurezza del pianeta. Comprendere la distribuzione degli impatti del petrolio e l’efficacia degli attuali sistemi di regolamentazione è fondamentale per portare avanti un controllo maggiore e più democratico su questa risorsa e per massimizzare i benefici della stessa, minimizzandone al contempo gli effetti negativi.

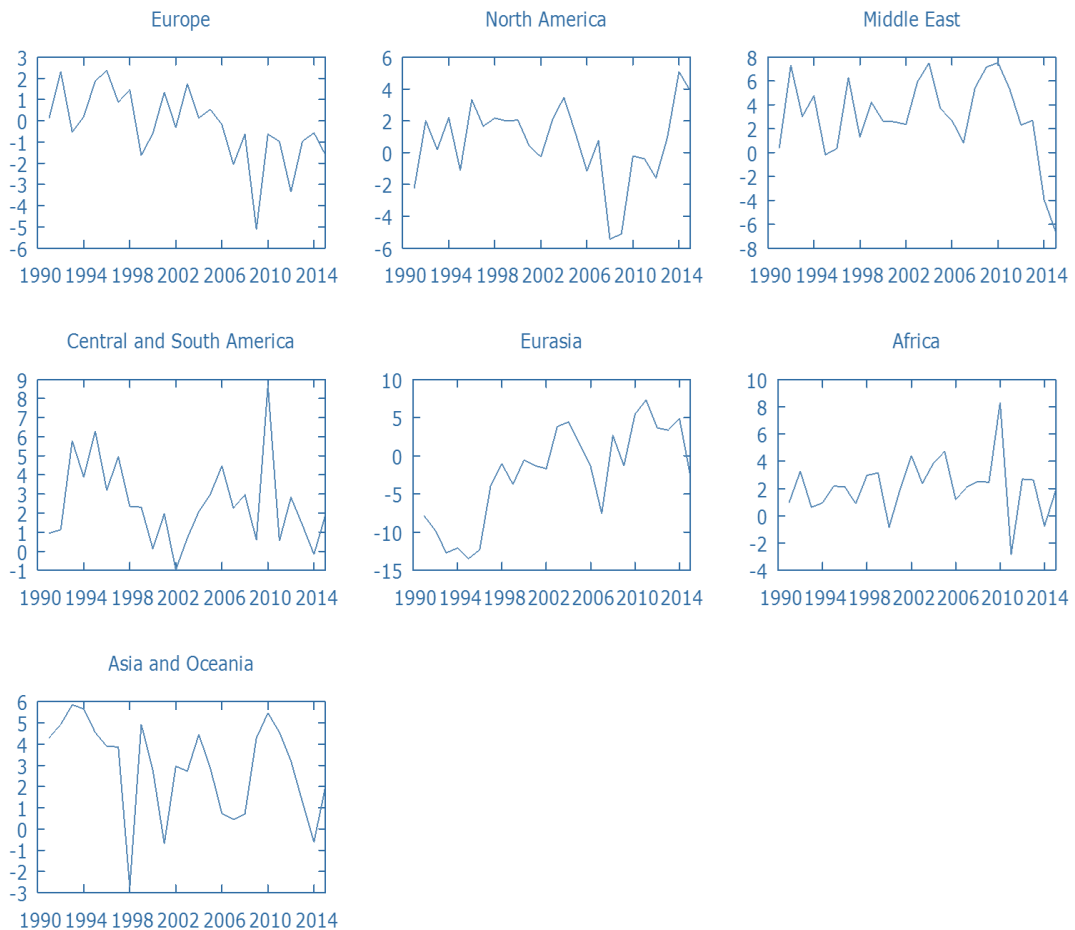
Una questione di Efficienza

il CO₂ è il più resistente e resiliente tra i gas serra in termini di ciclo di vita. L'N₂O degrada principalmente attraverso la foto-dissociazione, il CH₄ e gli idrofluorocarburi reagiscono con il radicale ossidrilico, i CFC vengono distrutti nella stratosfera e i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo (SF₆) degradano attraverso la fotolisi nella mesosfera. Il CO₂, invece, ha un percorso molto diverso. Poiché il carbonio nell'atmosfera col passare del tempo ossida a CO₂ ed è quindi spesso più utile e rilevante monitorare complessivamente il carbonio che il CO₂ stesso. Il carbonio elementare rimane comunque naturalmente indistruttibile. Il problema centrale è quindi semmai stimare correttamente le emissioni degli impatti futuri e definire strategie di efficientamento. La difficoltà nel prevedere future concentrazioni di CO₂ concerne prevalentemente l'incertezza circa il comportamento dei vari componenti che prendono parte al "ciclo del carbonio" ed i cui flussi non è possibile allocare con precisione, ovvero con stime significative⁴⁶. L'aumento effettivo del CO₂ in atmosfera può invece essere misurato con elevata precisione poiché le fonti di CO₂ di origine umana, ovvero causate da combustione di combustibili fossili, sono state adeguatamente analizzate e comprese. Migliorare l'efficienza può e deve comprendere, quindi, differenti significati. Innanzitutto questo termine sta a evidenziare la volontà generale di ridurre le emissioni nocive viste, se non altro, come un output non cercato sia dalle singole aziende e raffinerie che dagli interi sistemi economici. Ridurre, cioè, la quantità di inquinanti immessi nell'aria e frutto dei processi produttivi al fine di rendere questi stessi processi caratterizzati da un minor numero di componenti sprecati. Questo primo punto appare sin da subito contraddittorio, nel senso che si scontra, in molti contesti, con la ricerca di una maggiore efficacia. Prova ne sia, a tal proposito, l'evidente fluttuazione tra valori

⁴⁶ Sabine, Christopher L., et al. "The oceanic sink for anthropogenic CO₂" *science* 305.5682 (2004): 367–371.

positivi e negativi che nell'ultimo quarto di secolo ha caratterizzato tutti i paesi e differenziato in modo così profondo le singole politiche energetiche (Fig 22).

Figura 22 – Variazioni Percentuali in CO2 Emissions – periodo 1990/2015



Essere più efficienti significa però anche riuscire a produrre più energia o a completare un maggiore numero di processi di produzione. Una richiesta di efficienza, quest'ultima evidentemente *demand based*. A fronte, quindi, di una sempre più spiccata necessità di migliorare la trasformazione delle riserve di Crude Oil e, più in generale, di tutte le dotazioni di capitale, si è affermata la impellente necessità di confrontarsi su variabili economiche quantificabili, discrete e valutabili in modo oggettivo. Il fine ultimo deve necessariamente essere quello di valutare le emissioni nocive nel loro insieme, seguendo la logica dell'efficientamento continuo nel settore e tra i settori.

La Produttività

Il Mondo odierno corre, quindi, verso sistemi di regolamentazione sempre più efficienti e globalmente accettati. L'obiettivo evidente che i singoli paesi si sono dati consiste nel ridurre i livelli di emissioni di GHG poiché tali sostanze sono responsabili di diverse problematiche respiratorie e cardiovascolari⁴⁷ e rappresentano, in ultima istanza, la principale causa del cambiamento climatico. Quest'ultimo problema, in particolare, è collegato all'aumento delle temperature medie che nel lungo periodo possono essere distruttive per il funzionamento dei vari ecosistemi e potrebbero altresì avere impatti negativi sullo sviluppo economico, si pensi ad esempio all'intero settore primario o anche all'industria turistica⁴⁸.

Sebbene esposizioni particolarmente elevate e durature a tali gas possano essere debilitanti, anche livelli relativamente modesti di esposizione potrebbero avere un impatto sulla produttività dei lavoratori a causa di cambiamenti nella pressione sanguigna⁴⁹, di irritazione a orecchie, naso, gola e polmoni e di lievi mal di testa⁵⁰. Tali sintomi possono sorgere appena poche ore dopo l'esposizione ma anche dopo diversi giorni di esposizione elevata, in particolare per soggetti a rischio. Appare quindi evidente la relazione che lega il livello di emissioni nocive con la produttività della forza lavoro. Se infatti è chiaro e alquanto logico il collegamento tra l'inquinamento, i gas serra, il cambio climatico, da una parte, e la trasformazione del contesto esterno e la difficoltà delle imprese a procedere quindi con le medesime

⁴⁷ Seaton, Anthony, et al. "Particulate air pollution and acute health effects" *The Lancet* 345.8943 (1995): 176–178.

⁴⁸ Nowogorska, Marta. "Drivers of industrial CO2 emissions at firm—level: European perspective" *Social Sciences* (2013).

⁴⁹ Ghio, Andrew J., Chong Kim, and Robert B. Devlin. "Concentrated ambient air particles induce mild pulmonary inflammation in healthy human volunteers" *American journal of respiratory and critical care medicine* 162.3 (2000): 981–988.

⁵⁰ Pope III, C. Arden. "Review: epidemiological basis for particulate air pollution health standards." *Aerosol Science & Technology* 32.1 (2000): 4–14.; Sørensen, Mette, et al. "Linking exposure to environmental pollutants with biological effects." *Mutation Research/Reviews in Mutation Research* 544.2 (2003): 255–271.

routine aziendali, dall'altra, è forse ancora più interessante sondare il legame che lega la diffusione di anidride carbonica sulla capacità dei lavoratori di portare a termine il proprio lavoro giornaliero e dunque, in ultima analisi, la loro capacità di partecipare alla formazione del PIL. La prima domanda che ci si pone è quindi tanto chiara quanto diretta: in che modo e con quale intensità le emissioni di diossido di carbonio influenzano la produttività di un sistema economico? Come si può facilmente osservare (Fig. 23) le emissioni di CO2 sono associate a valori di GDP sempre crescenti nel corso degli anni, a dimostrazione che giungere a conclusioni troppo immediate può portare a mistificare la realtà e a non analizzare in modo preciso i fenomeni economici. I cluster presi in considerazione hanno valori di produttività sempre positivi, soprattutto nei paesi OECD.

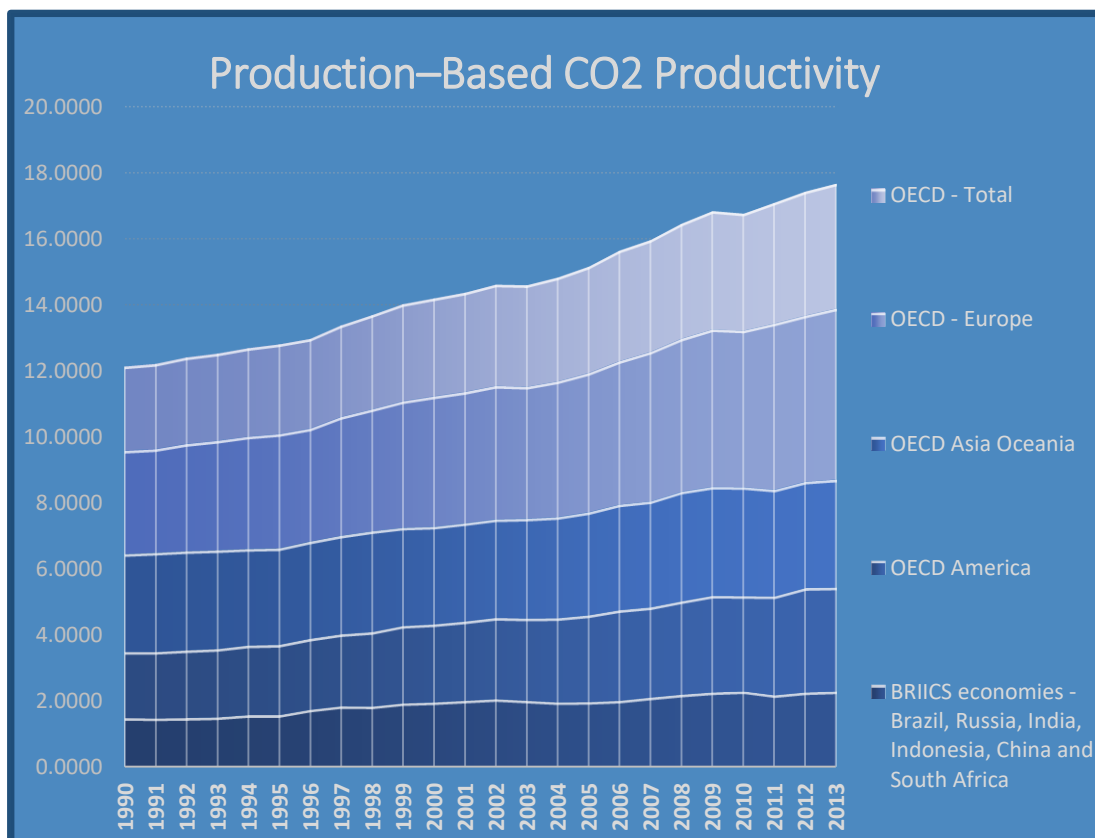


Figura 23 – GDP⁵¹ per unità di CO2 Energy Related

⁵¹ Calcolo fatto per US Dollars 2010 su chilogrammo.

Misurare la Labor Productivity

La produttività è comunemente definita come il rapporto tra la misura del volume di un output e la misura di utilizzo di un input⁵². Esistono differenti misure di tale indicatore come la produttività multi-fattore, la produttività del capitale e, ovviamente, la produttività del lavoro. Quest'ultima è particolarmente importante per l'analisi economica e statistica di un paese.

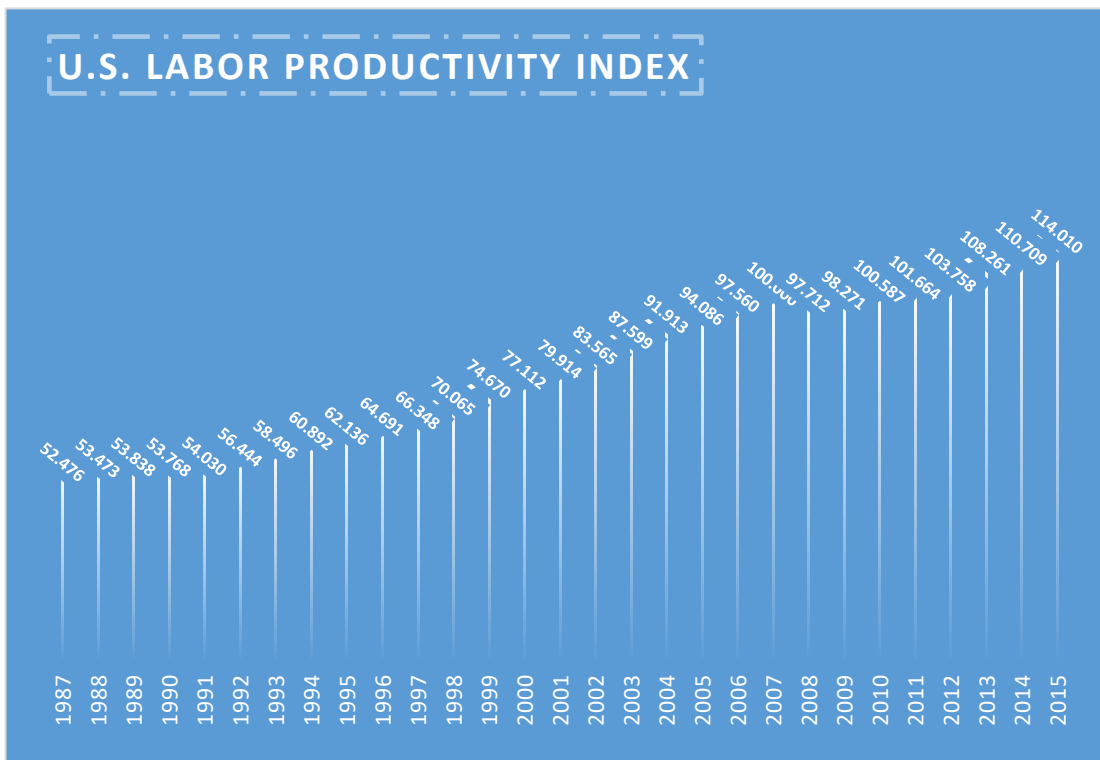


Figura 24 – Output-per-Hour Index

La produttività del lavoro è infatti un indicatore significativo di diversi fattori economici in quanto offre una misura dinamica della crescita economica, della competitività e del tenore di vita all'interno di un'economia. È quindi proprio la misura della produttività del lavoro (e tutto ciò che tale indice prende in

⁵² OECD Publications. *Measuring productivity – OECD Manual: measurement of aggregate and industry-level productivity growth*. (p. 11) 2001 Fonte: www.sourceOECD.org

considerazione) che aiuta a spiegare le principali forze economiche che sono necessarie per la crescita economica e lo sviluppo sociale.

La produttività del lavoro è il tasso di produzione per lavoratore all'interno di un'unità di tempo specificato. Gli economisti e gli statistici monitorano la produttività del lavoro per determinare la forza relativa di un'economia. Per ogni periodo di tempo definito, il livello di produttività è determinato da due grandi fattori: capitale fisico a disposizione ed efficienza tecnica.

Sebbene il rapporto utilizzato per calcolare la produttività del lavoro fornisca inevitabilmente una misura dell'efficienza con cui vengono utilizzati gli input in una economia al fine di produrre beni e servizi, essa può essere misurata in diversi modi. La produttività del lavoro è infatti uguale, come detto, al rapporto tra una misura del volume dell'output (prodotto interno lordo o il valore aggiunto lordo) e una misura di utilizzo dell'input (il numero totale di ore lavorate o dell'occupazione totale):

$$\textbf{Labor productivity} = \textbf{volume measure of output} / \textbf{measure of input use}$$

Il numeratore riflette i beni e servizi prodotti dai lavoratori e misura quindi il volume di output, esso viene di norma misurato in base al Prodotto Interno Lordo o al Gross Value Added (GVA). Sebbene queste due misure siano diverse, possono entrambe essere usati come misure dell'output poiché vi è evidentemente una forte correlazione tra le due.

La misura di *input use* riflette il tempo, lo sforzo e le competenze della forza lavoro. Il denominatore del rapporto è, tra i due, il fattore più importante. L'input lavoro è misurato sia con il numero totale di ore lavorate di tutte le persone che risultano occupate nel sistema produttivo considerato, sia con il livello di occupazione totale (il c.d. *Head Count*). Ci sono vantaggi e svantaggi associati alle diverse misure di input che sono utilizzate nel calcolo della produttività del lavoro. La qualità delle stime *Ore Di Lavoro* non è sempre chiara poiché risultano essere dati difficili da usare

a causa della diversa qualità e del diverso grado di comparabilità internazionale. Al contrario, l'occupazione totale è più facile da misurare, rispetto al numero totale di ore lavorate, nonostante non rifletta le variazioni del tempo di lavoro medio per dipendente, né le variazioni in più posizioni lavorative né, infine, il ruolo dei lavoratori autonomi e della qualità del lavoro.

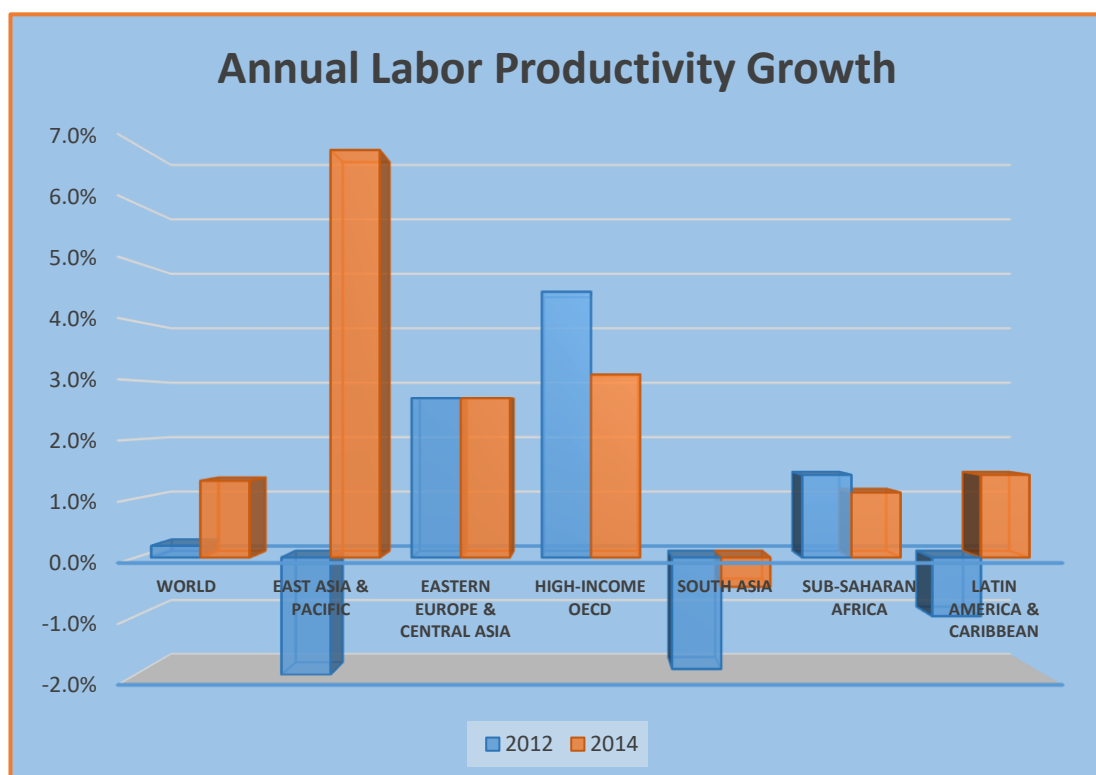


Figura 25 – Variazione Produttività in percentuale

I due standard dell'OECD

La Direzione OECD Statistics (STD) pubblica analisi sulla produttività del lavoro per tutti i paesi membri dell'organizzazione. Le due banche dati principali che forniscono tali serie sono la OECD Productivity Database (il cui indice è stato pubblicato la prima volta nel marzo 2003) e l'OECD System of Unit Labour Cost and Related Indicators, (pubblicato per la prima volta nel marzo 2007).

Anche se questi due database forniscono analisi e indici sulla produttività del lavoro per i medesimi paesi, ogni database calcola la produttività del lavoro in un

modo diverso. In particolare varia a seconda del database utilizzato, sia la misura del denominatore e che quella del numeratore. Pertanto, le eventuali correlazioni di crescita dell'indice di produttività del lavoro tra i diversi paesi membri dell'OCSE differiscono fortemente tra i due database.

Questo doppio report ha due obiettivi principali, il primo dei quali è puramente quello di confrontare i due database, dimostrando in che misura la crescita della produttività del lavoro varia quando si utilizzano diverse misure di output e input. Inoltre, eventuali similitudini, o meglio correlazioni tra le due serie di produttività, serviranno a convalidare ulteriormente queste due banche dati.

Il secondo obiettivo del presente report è quello di dare un'applicazione pratica al OECD System of Unit Labour Cost and Related Indicators, dato che si tratta di un database dell'OECD relativamente nuovo. Esso è particolarmente importante perché è l'unico database dell'OECD che pubblica i dati di produttività del lavoro in base alla dimensione dell'attività economica. Per far ciò, è stato creato un indicatore composito di produttività del lavoro nell'industria rispetto ai servizi di mercato, oltre che una proxy per i prezzi relativi tra questi stessi due settori. L'indicatore composito viene poi utilizzato per testare una ben nota teoria economica: l'effetto Balassa-Samuelson⁵³. Nella figura 26 si può osservare l'andamento dell'OECD System of Unit Labour Cost and Related Indicator per il caso italiano. In controtendenza all'intero gruppo OECD e al valore globale aggregato, si osserva facilmente come vi sia una tendenziale riduzione di questo indice di produttività per questo paese

Per questo indicatore è facile ed immediato comprenderne la rilevanza e la diffusione nell'utilizzo, ciò però non deve portare a credere esso sia l'unico o il migliore ma semplicemente che le informazioni che ne si possono desumere siano più interpretabili o più utilizzabili per capire le spinte e le tendenze dei singoli sistemi

⁵³ Esso prevede che la produttività (o il suo tasso di crescita) vari maggiormente nel settore dei beni commerciabili, aperti alla concorrenza internazionale, che non in quello dei beni non commerciabili.

economici, ivi compresi i cluster geografici e reddituali. Prova ne sia l'uso elevato che se ne fa per comparare sistemi simili. In questo caso infatti l'indicatore di Total Labor Productivity svolge un ruolo egregio nel confrontare analoghi contesti economici.

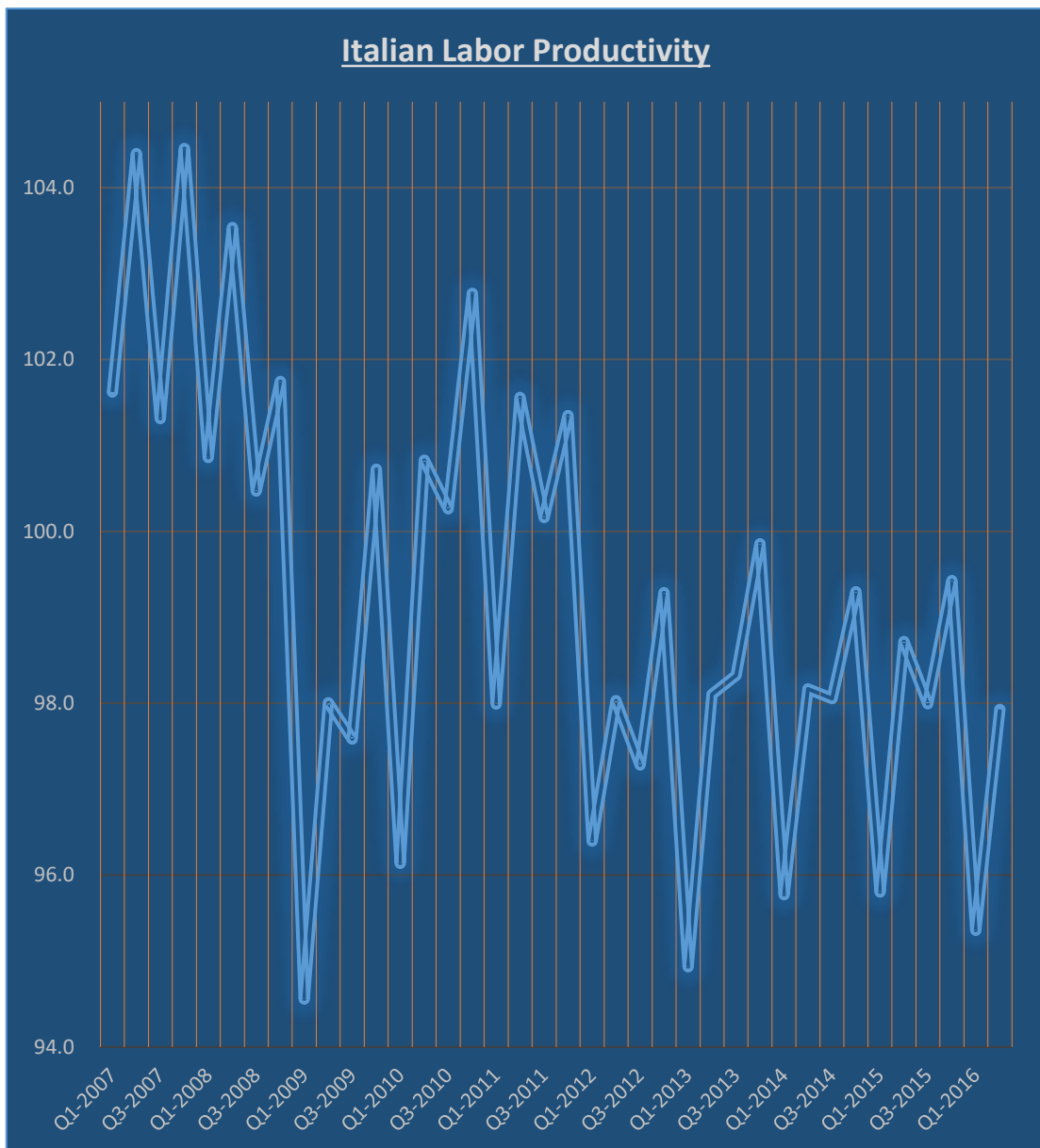


Figura 26 – Andamento Produttività del Lavoro in Italia

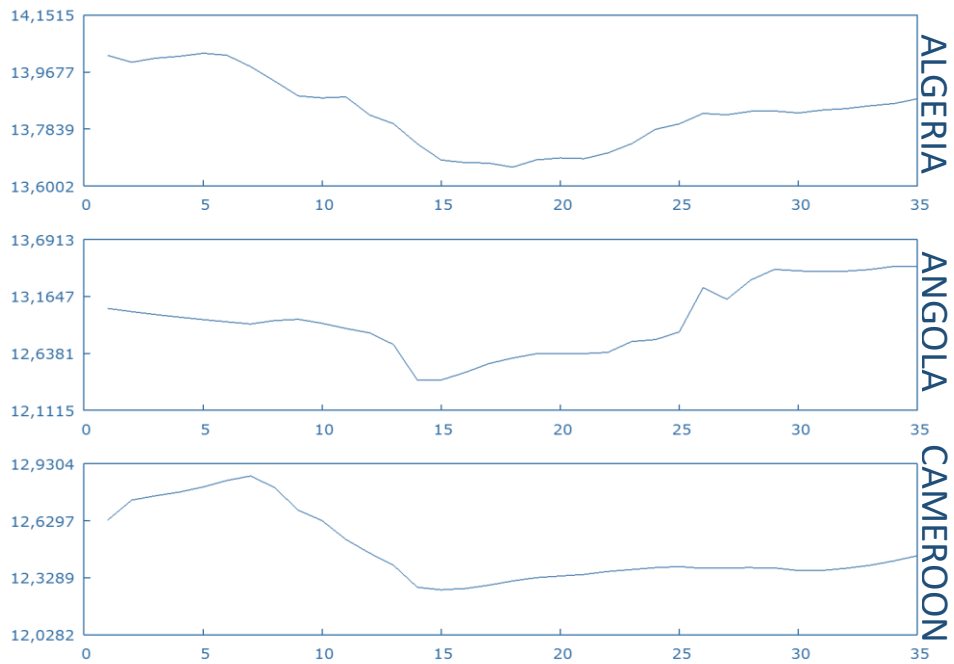
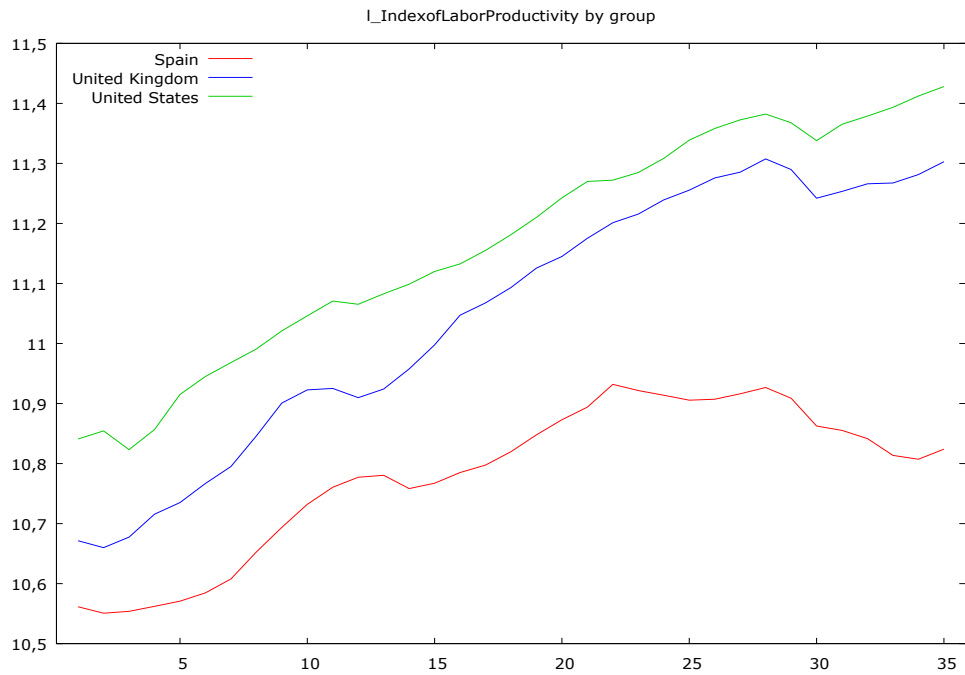


Figura 27 – Labor Productivity in paesi sottosviluppati

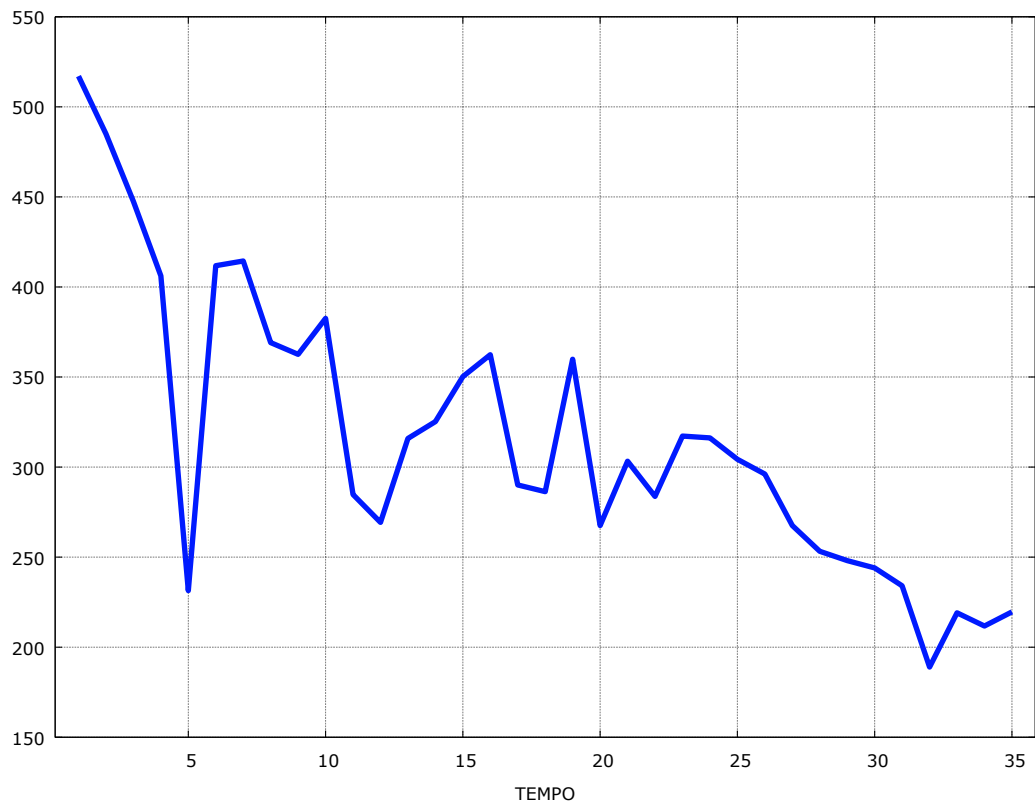
Figura 28 – Labor Productivity in paesi sviluppati



Produttività settoriale

Come quindi già affermato in precedenza, è bene ampliare gli orizzonti ed essere quindi in grado di osservare anche ulteriori indicatori di produttività che, nonostante siano meno utilizzati e diano in definitiva una minor quantità e qualità informativa, possono e devono comunque essere trattati per non lasciarsi sfuggire spunti di analisi interessanti. È possibile, ad esempio, determinare la produttività intra-settoriale, ovvero relativa esclusivamente all'input e all'output di un determinato e ben definito settore merceologico ed industriale. Questo tipo di indicatore è certamente (*repetita iuvant*) fragile e troppo specifico ma, d'altro canto, permette di osservare più da vicino le dinamiche intercorrono e caratterizzano una particolare sfaccettatura del mondo del lavoro.

Figura 29 – Produttività mondiale del settore petrolifero



Il caso più emblematico sembra essere rappresentato dall'indicatore della produttività del settore petrolifero che mostra andamenti tendenzialmente decrescenti, con elevate variabilità e soprattutto con una grande sensibilità agli shock, come si nota dal picco negativo che si è avuto nel 1985 (in Fig. 29 l'anno 5, poiché si parte dal 1980).

Come si spiega tutto ciò? Molto semplicemente nel fatto che il singolo settore non deve per forza essere caratterizzato da un'elevata correlazione con l'intera economia e che può, invece, subire effetti diversi in modi diversi. A prova di ciò si nota come l'analisi di correlazione tra questi due valori porta ad un coefficiente positivo (0.2) ma molto basso, segno che entrambi gli indicatori si muovono sul medesimo pattern ma che reagiscono in modo molto diseguale.

Questo terzo paragrafo chiude il capitolo iniziale che, come detto, era necessario per avere cognizione dei contenuti e dei termini che prendono parte a questa analisi. Il primo capitolo però non è stato solamente discorsivo ma anche caratterizzato da piccole analisi e riflessioni, che se appaiono certamente semplici d'altro canto forniscono i primi spunti di analisi dell'intera ricerca. A conclusione di quanto detto, infatti, molti interrogativi appaiono risolti ma nuove e più complesse domande sorgono. Soprattutto quale sia la "vera" causa delle emissioni, se la troppa povertà o la troppa ricchezza e se vi è, ed in che misura, un effetto sulla produttività del lavoro.

Domande chiare e puntuali che solo in parte sono state, fino ad ora, affrontate dalla ricerca accademica.

Capitolo II

Obiettivi della Ricerca

È innegabile, soprattutto alla luce di quanto detto e visto sinora, la centralità del petrolio all'interno delle singole economie e lungo i vari percorsi di sviluppo. Questo idrocarburo rappresenta la risorsa energetica attualmente più importante e, al contempo, un utile indicatore della ricchezza. È interessante comprendere, infatti, non solamente l'enorme quantità di beni al consumo finale che è possibile generare dalla lavorazione del prodotto greggio e la loro rilevanza all'interno di diversissimi processi produttivi, ma anche identificarne i vantaggi – e gli svantaggi ovviamente – che se ne possono trarre dalla sua mera disponibilità.

L'obiettivo generale di questa ricerca attiene quindi non tanto al "se", quanto al modo in cui questa risorsa impatta sui sistemi economici e verificare, in conclusione, l'entità di questa relazione. In buona sostanza, ciò che si sta tentando di scoprire è la regola per cui, oggigiorno, il petrolio rappresenta ancora il centro di buona parte delle scelte politico-economiche.

Nel paragrafo precedente si è cercato di mostrare, in modo più tecnico e preciso possibile, i modi in cui il diossido di carbonio (CO₂) può essere generato dall'uso del petrolio. Una relazione causale, definibile semplicemente come "Oil Pollution", come vedremo altamente correlata con il livello di emissioni negative generiche, rappresentandone una parte importante a livello globale. Questo Oil Pollution è quindi un validissimo indicatore degli effetti negativi del petrolio e proprio per questo rappresenta la chiave di volta dell'intera tesi. D'altra parte, si è affrontato anche un tema che la letteratura solo da qualche anno collega alle emissioni nocive, ovvero la produttività del lavoro. Se è vero che questo fattore è un misuratore importante della "qualità" di ogni sistema economico e mostra come il singolo lavoratore, mediamente, partecipi alla produzione nazionale, è vero anche che la salubrità dell'ambiente circostante influenza questa sua capacità di lavoro.

Si è deciso di affrontare il problema suddividendolo in due parti ben distinte ma non per questo indipendenti. Il primo passaggio cerca di descrivere quali sono le

effettive determinanti dell'Oil Pollution, la seconda parte, invece, mira a comprendere gli effetti di quest'ultimo sull'economia. Me è bene andare per ordine.

L'obiettivo del capitolo III di questa ricerca è molto chiaro, si è cercato di capire da cosa sia causato l'inquinamento da petrolio. Per rispondere a questa domanda si è utilizzata, come base, la teoria che oggi prende il nome di Environmental Kuznets Curve. Una teoria oggettivamente non giovanissima né capace di mettere d'accordo il mondo della ricerca. Nonostante ciò essa rappresenta, davvero, il primo serio tentativo di spiegare le emissioni nocive e quindi, si è ipotizzato, capace anche di spiegare le emissioni nocive provenienti in modo particolare dall'uso di una specifica risorsa produttiva.

La teoria EKC, però, è stata oggetto di critiche, studi e variazioni nel corso del tempo, che hanno portato a nuove specificazioni. La teoria più attuale, infatti, all'interno del paradigma EKC, ha dato alla globalizzazione (ovvero sia all'apertura dei mercati) il ruolo chiave che spiega maggiori o minori emissioni. Ma anche su questo punto non c'è accordo, poiché alcuni ritengono che siano i paesi sviluppati a sporcarsi di più (la c.d. Factor Endowment Hypothesis, FEH), altri invece ritengono che a pagarne le conseguenze siano i paesi più arretrati (ovvero la Pollution Haven Hypothesis, PHH). Questa ricerca si colloca proprio in questo ambito e tenta di scoprire la relazione causale che spiega l'Oil Pollution non solamente attraverso il reddito individuale (proprio come la più classica teoria EKC) e la dimensione dell'economia, ma anche utilizzando nuovi fattori legati in modo diretto con il petrolio, come l'apertura al commercio con l'estero nel settore Oil, la dotazione di capitale (ovvero le riserve disponibili e la produzione) e la fase di sviluppo economico.

La maggior parte della gente sarebbe portata a concludere che, all'aumentare dello sviluppo economico, l'inquinamento tenda a diminuire. L'obiettivo specifico della prima parte di questa tesi è proprio verificare questa relazione e notare, quindi,

se è vera o se invece è più complessa. Perciò, si può affermare che nel prossimo capitolo si tenterà di rispondere alle seguenti domande:

1. La teoria della **Modified Environmental Kuznets Curve** vale anche per l'inquinamento da petrolio?
2. Tra la **FEH** e la **PHH**, quale delle due teorie risulta più realistica?
3. Quale rilevanza ha, nella generazione di Oil Pollution, l'essere o meno un paese sviluppato?

È chiaro, altresì, che il fine ultimo di questa prima parte della ricerca è comprendere meglio le emissioni di CO₂ e capire se sia sufficiente osservarle, trattarle e regolamentarle come tutti gli altri tipi di inquinamento o se invece sia necessario, se non addirittura urgente, cambiare il modo di concepirle.

L'ipotesi che si intende testare e dimostrare è, quindi, triplice. Innanzitutto chi scrive ritiene che le EKC possa avere la tanto discussa concavità verso il basso, solo in analisi generiche sull'inquinamento. Quando la variabile dipendente diventa l'Oil Pollution, ovvero le emissioni causate dal petrolio, questa curva cambia totalmente forma. Continua infatti ad esistere ma, in modo totalmente opposto a quanto argomentato sinora, tenderà a crescere insieme allo sviluppo economico. Ciò significa, molto semplicemente, che si ritiene che all'avanzare lungo il processo evolutivo, ogni Stato vedrà peggiorare le condizioni ambientali. Lo sviluppo e la dotazione di petrolio, svolgono un ruolo centrale per decifrare le emissioni ma ciò non significa che i paesi "ultimi" non soffrano di inquinamento, ma che in questo caso le forze e i fattori che agiscono siano completamente diversi.

La seconda ipotesi che viene fatta è legata proprio a quest'ultimo punto. Se è vero che i paesi ricchi si sporcano e se è vero che ciò avviene attraverso il commercio estero, è vero anche che i paesi più poveri in assoluto subiscono, altresì, dei danni ambientali. Ciò che si cerca di dimostrare è appunto che anche la totale mancanza di regolamentazione e l'assenza di autorità di garanzia, fanno sì che un paese povero

diventi “terra di conquista”. L’ipotesi, alquanto forte c’è da dire, consiste nel ritenere vere entrambe le posizioni senza sconfessarle. Essendo vere sia la FEH che la PHH, allora la nuova EKC deve essere disegnata come un curva con concavità verso l’alto, poiché l’effetto sulle emissioni è più elevato in presenza di uno stato molto arretrato come anche in presenza di uno stato molto avanzato.

La terza ipotesi, conclusiva, attiene quindi proprio questo argomento. È proprio la fase di sviluppo economico, vissuta da ogni singolo paese, che spiega le emissioni di diossido di carbonio derivante dal petrolio, le quali saranno più alte agli estremi (paesi sviluppati e non sviluppati) e ridotte al centro (paesi in via di sviluppo).

Nel capitolo IV si cerca invece di capire quali siano gli effetti dell’inquinamento da petrolio. In particolare si è tentato di sondare la relazione causale che lega questo tipo, molto specifico, di emissioni con la produttività del fattore lavoro. Come già accennato, poco finora è stato discusso circa questo argomento e, comunque sia, tutte le ricerche finora svolte si avvicinano a questo problema secondo una logica microeconomica e focalizzandosi su esperimenti molto limitati nello spazio e nel tempo. Tutte queste ricerche si concentrano inoltre su inquinamenti molto generici e arrivano quasi tutte alla medesima conclusione, ovvero sia che l’inquinamento riduce la produttività. Per spiegare questa relazione è stato anche coniato il termine Environmental Productivity Effect (EPE). L’obiettivo più specifico di questo terzo capitolo attiene quindi alla volontà di sondare questa EPE all’interno di un’analisi econometrica macroeconomica specificando in modo preciso il tipo di inquinamento che si intende analizzare. Le domande a cui si intende dare una adeguata risposta sono quindi:

4. Esiste un **Environmental Productivity Effect** a livello globale?
5. La negatività dell’EPE vale anche per l’Oil Pollution?
6. Quale rilevanza ha, rispetto a questo fenomeno, l’essere o meno un paese sviluppato?

È evidente, anche in questo caso, che l'obiettivo generale che si sta perseguendo è quello di dare una corretta valutazione all'inquinamento da diossido di carbonio derivante dal petrolio e verificarne persino eventuali aspetti positivi per poter, poi, costruire una regolamentazione più adeguata.

Anche qui le ipotesi da testare sono diverse. Innanzitutto si ritiene che esista un Environmental Productivity Effect anche per quanto concerne l'Oil Pollution e questo legame è ovviamente causato dal fatto che è proprio l'Oil, cioè il petrolio, un elemento fondamentale che prende parte al processo produttivo. Indi per cui è chiaro che vi deve essere necessariamente un legame fra questi due valori, a maggiore ragione se si prende in considerazione non una semplice azienda (come da esperimento) ma tutto il mondo per un lasso di tempo adeguato.

La seconda ipotesi, questa abbastanza forte, è che l'EPE nel caso specifico di CO₂ da petrolio, debba avere un segno positivo. L'idea che si cercherà di dimostrare è che questo gas non è solo una "semplice" forma di inquinamento ma è qualcosa di più, essa è una esternalità negativa. Essa, cioè, è il frutto del lavoro e della creazione di reddito. Per questo motivo si ritiene che aumenti dei livelli percepiti di questo gas avranno certamente alcuni effetti negativi però, in termini generali ed a consuntivo, l'effetto netto sulla produttività dovrà necessariamente aumentare, proprio perché è questo gas stesso la prova più incontrovertibile dell'aumentata produzione.

La terza ipotesi di questo capitolo riguarda, come nel capitolo precedente, la rilevanza che ha l'essere o meno un paese sviluppato lungo questo processo. Se le prime due ipotesi si dovessero rivelare vere, significherebbe che inquinare aumenta la produttività per quei paesi che producono ma questa affermazione porta anche a ritenere vero il suo contrario, ovvero sia che questo particolare tipo di inquinamento è collegato ad una ridotta produttività nei paesi che non producono. L'ipotesi consiste quindi nel ritenere lo sviluppo economico come fattore imprescindibile per

comprendere il reale effetto che l'inquinamento (persino questo tipo di inquinamento così produttivo) ha sulle Economie.

Gli obiettivi di questa tesi sono chiari ed espliciti: capire le cause (prima) e gli effetti (poi) dell'inquinamento derivante dall'uso del petrolio.

La ricerca è, come detto, suddivisa appositamente in due parti, la prima relativa alle origini dell'inquinamento e la seconda focalizzata sui risultati dello stesso. Ognuna di queste due parti è composta da una breve review della letteratura, dalla disamina del modello teorico di riferimento, dalla specificazione dei dati utilizzati e del modello econometrico che si testerà ed infine, a conclusione di ogni capitolo, verranno esposti in sintesi tutti i risultati.

Capitolo III

Le Cause Dell'Inquinamento

Il termine “ricchezza” è fuorviante. Viene infatti, spesso, ripetuto che avere a disposizione tanti mezzi e tante risorse non può che essere positivo. Questa consapevolezza, che ci accompagna nel corso della vita, è presente non solo sul piano individuale, ma anche su quello più generico della socialità. Le Economie, da quelle più piccole e rurali fino a quelle odierne, così globali e digitali, hanno infatti da sempre agito secondo il principio dell’accumulazione e sfruttamento delle risorse in quanto metodo principale per crescere e unico paradigma possibile per sopravvivere. Il *sentiment* della formica di Esopo ci ha quindi pervaso convincendoci che più si ha, meglio è. Questa tesi è tanto inconfutabile quanto vaga e la vaghezza, purtroppo, deriva a sua volta dalla semplice constatazione che il mondo è pieno di risorse, potenziali o effettive, per cui è bene fare dei distinguo e procedere in un’analisi più approfondita.

Il primo – lapalissiano – passo è quindi riconoscere che come svariate sono le risorse allora altrettanto svariati e molteplici devono essere i loro effetti sull’economia. Mantenendo come perno dell’intero discorso la centralità della conoscenza e della tecnologia latu sensu, possiamo infatti pacificamente affermare che input diversi genereranno output diversi. In alcuni casi si potrà assistere a benefici immediati (si pensi a titolo d’esempio a cosa hanno significato nel corso dei secoli le scoperte di nuove fonti d’acqua o di nuove terre fertili), in altri casi i benefici saranno minori o più difficili da definire, poiché proiettati nel lungo termine, in altri casi infine sarà utile, forse necessario, fare un bilancio, ovvero rapportare i pro e i contro. Quest’ultimo può sembrare, a prima vista, un caso limite. Abituati infatti, come siamo, che l’abbondanza di risorse è sempre un bene, difficilmente ci poniamo la domanda se effettivamente sia solo così. Il secondo passo è dunque immaginare quanto continuo, oggi, le risorse produttive che hanno un effetto duplice, in parte positivo ed in parte negativo. Nonostante ciò, la storia ha dimostrato che nella gara ad accumulare, cercare e sfruttare risorse, qualcosa forse è andato perduto e che la comprensione della totalità degli effetti non abbia avuto una particolare rilevanza nelle scelte di politica economica. Queste infatti sono sempre caratterizzate

da valutazioni quantitative mentre le riflessioni sulla qualità degli output nazionali, e specificamente sulla salubrità degli ambienti di riferimento, sono al centro delle agende governative da non più di trent'anni. Qualcosa è cambiato e lo si evince giornalmente dalla quantità di informazioni, più o meno veritiere, che possono essere desunte dai media e dal web. Tutti oggi siamo mossi da una nuova spinta e nuovi vocaboli sono entrati nel linguaggio comune, come eco-sostenibilità, green-economy, risorse rinnovabili, etc... L'importanza dell'accumulazione internazionale di risorse produttive non è più quindi così immediata ma è frutto di analisi mirate e volte a capire e prevederne l'effetto; una problematica che inevitabilmente si complica quando tali risorse sono naturalmente disponibili sul proprio territorio e non è vi è necessità di sostenere costi particolarmente alti o di operare sul mercato internazionale, per poterne usufruire. Il terzo ed ultimo passo verso il fulcro di questa tesi riguarda perciò il rapporto tra le Economie e l'Endowment, ovvero tra i sistemi produttivi e la dotazione di capitale che si ha a prescindere dal commercio con l'estero. In questi casi la tentazione è forte, quasi irresistibile. Sfruttare le riserve, quelle che Madre Natura ci ha donato, sembra quasi un imperativo morale. Il nodo del problema è dunque questo. La sfida degli studiosi di economia di tutto il mondo riguarda, oggi più che mai, proprio il rapporto tra crescita ed ambiente, un rapporto che diventa incestuoso, opaco e complicato quando è lo stesso ambiente circostante a configurarsi come *source* degli input produttivi ma anche come *sink* degli effetti nocivi che, immancabili, giungono a seguito dei processi produttivi. Comprendere appieno l'importanza, nel bene e nel male, della dotazione di capitale è quindi una sfida che affonda le sue radici nell'Economia più classica ma che solamente nel corso del XX sec. è riuscita a definirne scientificamente e stimare la variabili principali che prendono parte a questo processo.

La letteratura mondiale in materia può suddividersi in tre grandi filoni o ambiti di studio. Il primo concentrato principalmente nella prima metà del secolo passato, ha avuto ad oggetto esclusivamente la dotazioni di fattori produttivi ed i percorsi di specializzazione economica che essi comportavano in base alla Teoria dei Vantaggi

Comparati⁵⁴. Il secondo, che agli inizi degli anni '90 ha raggiunto i risultati più rilevanti, ha come proprio punto cardine invece l'ambiente e l'inquinamento. La terza corrente di studi e ricerche, infine, che è la più moderna, si concentra su tutte le possibili determinanti che prendono parte a questo processo, cercando di definire degli equilibri più generali e completi. Per quanto sarebbe stato possibile, e certamente più sintetico, saltare le prime due correnti di studio e concentrarsi sull'ultima, si è deciso invece di mostrare una panoramica più completa e ciò per almeno due buoni motivi: innanzitutto da un punto di vista meramente epistemologico, sembra opportuno ripercorrere l'intero iter della letteratura per poterne cogliere appieno gli snodi fondamentali e le teorie più influenti anche perché alcune di esse continuano ad essere trattate e dibattute, in secondo luogo il filone di studi più attuale è anche quello più incompleto, composto da teorie che per quanto simili nella forma tendono a scontrarsi le une con le altre, a creare sempre nuove domande e non portando quindi, fino ad ora, a conclusioni unanimi. Una volta esposti ed analizzati i contributi che hanno avuto, nel tempo, un peso ed un'influenza maggiore, verranno esposti i limiti e le problematiche che oggettivamente appaiono esserci ancora circa questo interessante tema sociale ed economico. Dopodiché, nel successivo paragrafo, verrà esposto il modello, in tutte le sue specificazioni, che è stato stimato, spiegando quali sono i risultati raggiunti e di quale novità si fa carico. Nelle riflessioni circa i risultati trovati, esposte nell'ultimo paragrafo, si tenta di ragionare su alcune intuizioni che potrebbero, veramente, cambiare il modo di concepire l'inquinamento e lo studio ad esso afferente.

⁵⁴ David, Ricardo. *"On the principles of political economy and taxation"* Bohn's Economic Library (London: G. Bell & Sons, 1891), passim (1817).

Review Della Letteratura

Se si dovesse individuare un contributo della letteratura che per la prima volta nella storia pone la dotazione di capitale, e più in generale di fattore produttivo, all'interno di un paradigma di crescita, dando inizio al "primo ambito di studi", presumibilmente il contributo in questione sarebbe quello proposto da Eli Heckscher e Bertil Ohlin (1933) che, utilizzando le parole di Harry Flam and June Flanders, "*is concerned with the gains from trade and world benefits of trade when factor endowments are very different*". A tal proposito, Ohlin analizzò il rapporto tra l'Australia ricca di terra e l'Europa che invece di terra non ne aveva a sufficienza, mentre Eli Heckscher, suo mentore e supervisore di tesi, tra il continente americano, ricco altresì di terreni, e quello europeo che invece era ricco di fattore lavoro. La cosiddetta "*H-O factor-proportions theory*" sul vantaggio comparato stabilisce che il commercio internazionale tende a compensare le iniquità della distribuzione geografica di risorse produttive⁵⁵. Motivo per cui, alcuni paesi ricchi di lavoro anziché di capitale, esportano prodotti *labor intensive* ed arrivano ad avere salari alti come quelli di paesi che hanno invece pochi lavoratori. Il cuore evidente di questo contributo è come sotto alcune ipotesi ed attraverso il commercio e l'arbitraggio, sia possibile eliminare le differenze di prezzo dei fattori di produzione. Le intuizioni fondamentali di questi economisti svedesi, uno teorico e l'altro storico, erano che la differenza nella dotazione di fattori potrebbe rappresentare una base per il commercio e che il commercio potrebbe portare a sua volta ad una convergenza dei prezzi dei fattori tra i partner commerciali (quella che Heckscher definì *factor price equalization*).

È molto verosimile ritenere che tale teoria sia stata motivata dal commercio intercontinentale del tardo XIX secolo, quando le regioni di "recente insediamento"

⁵⁵ Heckscher, Eli Filip and Ohlin, Bertil Gotthard. "*Heckscher-Ohlin Trade Theory*", Flam, H. & Flanders, M. editors, MIT Press, Cambridge, MA (1991).

(come vennero in seguito definite dalla League of Nations) inviavano quantità sempre maggiori di cibo e di materie prime verso il continente europeo, tipicamente ricco di capitale e lavoro⁵⁶. Il punto cruciale e forse più innovativo della *H-O factor-proportions theory* consiste nel fatto che le *commodities* che vengono scambiate nel mercato sono dei “bundles” di fattori produttivi (terra, lavoro e capitale). Lo scambio di *commodities* è perciò una forma di arbitraggio indiretto dei fattori, poiché attraverso di esso è possibile trasferire i fattori produttivi da location naturalmente ricche di fattori, verso location più povere. Ciò comporta, a sua volta, una nuova e importante implicazione, ovvero sia che la possibilità di vendere esternamente i fattori produttivi, attraverso le *commodities*, trasforma il mercato dei fattori stesso da locale a globale e rende la Curva di Domanda derivata molto più elastica e simile tra i vari paesi⁵⁷. Diversi sono stati gli articoli ed i contributi che hanno criticato questa teoria, come ad esempio Leontief (1953)⁵⁸, Grubel e Lloyd (1975)⁵⁹, Bowen, Leamer e Sveikauskas (1987)⁶⁰, ed anche Trefler (1995)⁶¹ e Choudhri e Hakura (2001)⁶². Nonostante ciò, un nutrito gruppo di teorici del commercio internazionale⁶³, nel

⁵⁶ O'Rourke, Kevin H., and Jeffrey G. Williamson. "The Heckscher-Ohlin model between 1400 and 2000: when it explained factor price convergence, when it did not, and why" No. w7411. National bureau of economic research, (1999).

⁵⁷ Leamer, Edward E. "The Heckscher-Ohlin model in theory and practice" (1995).

⁵⁸ Dimostrò come le importazioni statunitensi fossero decisamente più capital-intensive delle esportazioni, in Leontief, Wassily. "Domestic production and foreign trade; the American capital position re-examined" Proceedings of the American philosophical Society 97.4 (1953): 332-349.

⁵⁹ Dimostrarono come il commercio crescesse più rapidamente dell'output e che, quindi, l'endowment si fosse in qualche modo standardizzato in Grubel, H. G., and P. J. Lloyd. "Intra-Industry Trade: the Theory and Measurement of Intra-Industry Trade in Differentiated Products" Londyn Macmillan (1975).

⁶⁰ Nonostante non cercassero la critica al modello H-O, trovarono una correlazione tra i paesi tra il factor mix e l'offerta in Bowen, Harry P., Edward E. Leamer, and Leo Sveikauskas. "Multicountry, multifactor tests of the factor abundance theory" The American Economic Review (1987): 791-809.

⁶¹ Trefler, Daniel. "The case of the missing trade and other mysteries" The American Economic Review (1995): 1029-1046.

⁶² Choudhri, Ehsan U., and Ms Dalia Hakura. *International trade in manufactured products: a Ricardo-Heckscher-Ohlin explanation with monopolistic competition*. No. 1-41. International Monetary Fund, (2001).

⁶³ Tra gli altri: Dixit, Avinash K., and Gene M. Grossman. "Trade and protection with multistage production" The Review of Economic Studies 49.4 (1982): 583-594.; Helpman, Elhanan, and Paul R. Krugman. "Trade policy and market structure". MIT press, (1989); Brander, James A. "Strategic trade policy" Handbook of international economics 3 (1995): 1395-1455., Davis, Donald R. "Intra-industry trade: a Heckscher-Ohlin-Ricardo approach" Journal of international Economics 39.3 (1995): 201-226.

corso degli anni a seguire, riuscì a mettere in risalto nel contesto accademico mondiale il modello H–O, pubblicando una grande quantità di saggi e articoli incentrati sulle economie di scala e sulle interazioni strategiche e rendendo tale modello centrale da almeno tre punti di vista fondamentali: teorico, descrittivo della realtà e come chiave per comprendere il mercato dei fattori produttivi. Da un punto di vista meramente teorico, esso fornisce infatti gli strumenti per comprendere gli avvenimenti ed i passaggi storici cruciali; è possibile infatti osservare il periodo tra il XV ed il XXI secolo come un processo di continua espansione commerciale internazionale che solo negli ultimi duecento anni può essere interpretato attraverso il modello H–O e quindi con la dotazione di capitale come elemento centrale. Secondo un approccio descrittivo, questo modello ha permesso, e permette tutt’ora, di capire e prevedere evoluzioni socio–economiche sia di macroregioni che di ambiti localmente più ristretti⁶⁴. Il modello H–O, infine, è divenuto fondamentale poiché pone al centro dell’analisi proprio i fattori di produzione e permette un’analisi maggiore e più completa del loro mercato⁶⁵.

A fare da corollario al modello Heckscher–Ohlin vi è il *Factor Price Equalization Theorem*⁶⁶ (FPE) che analizza la reattività dei prezzi fattoriali rispetto all’offerta degli stessi e che stabilisce che i prezzi di identici fattori di produzione, come il salario, o la rendita del capitale, sono equiparati nei vari paesi a causa del commercio internazionale delle commodities. Una volta compresa l’importanza che il modello H–O, e le sue evoluzioni, ha avuto all’interno del dibattito sulla dotazione di capitale e sui suoi effetti nel sistema produttivo, il secondo passaggio obbligatorio è rappresentato dal testo proposto da T. M. Rybczynski (1955). Sottostando, infatti, ad

⁶⁴ Zimring, Assaf. "Testing the Heckscher–Ohlin–Vanek Theory with a Natural Experiment". No. 15–243. WE Upjohn Institute for Employment Research, 2015.

⁶⁵ Si pensi a titolo di esempio al contributo di Deardorff, Alan V. "The general validity of the Heckscher–Ohlin theorem" *The American Economic Review* 72.4 (1982): 683–694.

⁶⁶ Samuelson, Paul A. "International trade and the equalisation of factor prices." *The Economic Journal* 58.230 (1948): 163–184.

alcune ipotesi piuttosto forti⁶⁷ il c.d. Teorema di Rybczynski stabilisce infatti che *“the maintenance of the same rates of substitution in production after the quantity of one factor has increased must lead to an absolute expansion in production of the commodity using relatively much of that factor, and to an absolute curtailment of production of the commodity using relatively little of the same factor”*⁶⁸. All’interno di questo breve articolo, l’economista anglo-polacco dimostra come le macro-regioni siano in grado di assorbire gli shock di dotazione di fattore produttivo, attraverso variazioni del product mix, senza quindi modificare i prezzi relativi dei fattori in questione⁶⁹. Mantenendo fissi i prezzi delle commodities, un aumento della dotazione relativa di un fattore aumenta la produzione di prodotti che impiegano intensamente tale fattore e diminuisce l’output di almeno un altro prodotto⁷⁰. Questa variazione del mix in uscita accresce la domanda regionale relativa per il fattore di cui è aumentata la dotazione, innescando così un aumento della sua offerta relativa regionale ed eliminando la pressione al cambiamento sui prezzi dei fattori. Il commercio è essenziale affinché questo meccanismo funzioni, poiché variazioni dell’output comportano variazioni nell’export e nell’import regionali. Finché l’ambito territoriale preso in considerazione è sufficientemente piccolo, queste variazioni dell’output e del trade-flow non influiscono sui prezzi mondiali e quindi non innescano l’effetto factor-price proposto nel Teorema Stolper-Samuelson (1941)⁷¹ per il quale l’aumento del prezzo di un bene importato comporta un aumento del rendimento del fattore “scarso” ed una riduzione del rendimento del fattore “abbondante”.

⁶⁷ Il modello assume: un’economia chiusa, solo 2 fattori di produzione, perfetta divisibilità, mobilità e sostituibilità, due imprese con funzioni di produzioni omogenee e lineari, intensità fattoriali differenti.

⁶⁸ Rybczynski, Tadeusz M. *“Factor endowment and relative commodity prices”* *Economica* 22.88 (1955): 336–341.

⁶⁹ Hanson, Gordon H., and Matthew J. Slaughter. *“The Rybczynski theorem, factor-price equalization, and immigration: evidence from US states”* No. w7074. National bureau of economic research, (1999).

⁷⁰ Leamer, Edward E. *“Sources of international comparative advantage: Theory and evidence”* Cambridge, MA: MIT press, 1984.

⁷¹ Stolper, Wolfgang F., and Paul A. Samuelson. *“Protection and real wages”* *The Review of Economic Studies* 9.1 (1941): 58–73.

La Teoria del Picco di Hubbert

Contemporaneamente alla redazione dei c.d. *Teoremi di base del Commercio*⁷² si instradava l'idea che l'analisi della dotazione di un fattore produttivo non potesse prescindere anche da un approccio più tecnico ed inerente le caratteristiche fisiche del fattore in sé. Diversi sono stati i contributi in tal senso, ma uno più di altri ha segnato la ricerca mondiale, ovvero sia l'articolo del geologo Marion King Hubbert⁷³ (1956) sull'evoluzione temporale della estrazione e produzione di una qualsiasi risorsa minerale o fonte fossile esauribile o fisicamente limitata come una curva a campana simmetrica. La teoria si propone di prevedere, a partire dai dati relativi alla "storia estrattiva" di un giacimento minerario, la data di produzione massima della risorsa estratta nel giacimento, così come per un insieme di giacimenti o una intera regione. Il punto di produzione massima, oltre il quale la produzione può soltanto diminuire, viene detto *Hubbert's peak*. I meccanismi che portano a curve di produzione a campana ed a conseguenti punti di massimo, nonostante diverse critiche provenienti dal mondo accademico⁷⁴, sono stati ormai abbondantemente trattati⁷⁵ e ben compresi⁷⁶. Inizialmente, l'estrazione di una risorsa abbondante ed a buon mercato porta alla crescita economica ed all'aumentare degli investimenti per ulteriori estrazioni. Gradualmente, tuttavia, le risorse economicamente valide vengono esaurite ed i costi di estrazione diventano più elevati a causa della necessità di estrarre depositi di qualità inferiore. Con il tempo, gli investimenti non possono tenere il passo con questi costi crescenti; la crescita rallenta ed, infine, la produzione inizia a diminuire. Qui, il termine "costi" è

⁷² Ovvero: 1) Modello H-O, 2) FPE Th., 3) Rybczynski Th., 4) Stolper-Samuelson Th.

⁷³ Hubbert M. K., "Nuclear Energy and the Fossil Fuels" Presented Before the Spring Meeting of the Southern District, American Petroleum Institute, Plaza Hotel, San Antonio, Texas, March 7-8-9, (1956)

⁷⁴ Lynch, M. C. "The New Pessimism about Petroleum Resources: Debunking the Hubbert Model" (2004)
Fonte: [http://www.gasresources.net/Lynch\(Hubbert-Deffeyes\).htm](http://www.gasresources.net/Lynch(Hubbert-Deffeyes).htm)

⁷⁵ Naill Roger F., "Managing the Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of US Natural Gas" Master's Thesis Submitted to Alfred P. Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA
02139 (1972)

⁷⁶ Reynolds, Douglas B. "The mineral economy: how prices and costs can falsely signal decreasing scarcity" *Ecological Economics* 31.1 (1999): 155-166.

da intendersi sia in termini monetari che, al tempo stesso, in termini energetici, i quali crescono per ragioni fisiche relative alla concentrazione inferiore e\o alla minore qualità della risorsa. In altre parole, ciò che crea la curva a campana per una risorsa di energia è la variazione nel tempo dell'energia netta di estrazione, noto anche come "Energy Return on Energy Investment" (EROEI)⁷⁷. Hubbert aveva studiato ed analizzato in particolare, una precisa risorsa produttiva, il *crude oil*, per il quale l'effetto EROEI è arricchito da fattori fisici che sono collegati alla caduta di pressione del serbatoio ed anche al fatto che a poco a poco che il petrolio viene estratto, progressivamente sempre meno quantità di petrolio-cuscinetto rimane in contatto con i pozzetti⁷⁸. Secondo l'analisi del geologo americano, il *peak oil* dovrebbe essere raggiunto nelle prime decadi del XXI secolo⁷⁹. L'attenzione posta dal contributo di Hubbert verso la non rinnovabilità di alcuni fattori produttivi e segnatamente delle risorse energetiche rappresentate dagli idrocarburi, segnò in modo molto marcato l'intero periodo che va dal secondo dopoguerra in avanti. Negli anni successivi, infatti, il mondo accademico internazionale concentrò la ricerca a dimostrare ed a stimare (o a criticare quando necessario) le tesi proposte dal modello H-O e da Hubbert, ponendo perciò al centro del discorso l'indiscutibile utilità delle riserve di fattori produttivi per la vita e per lo sviluppo dei sistemi produttivi. Forse però fu proprio quest'ultimo contributo a determinare, in qualche modo, l'inizio di un secondo ambito di ricerca, in cui la dotazione di capitale, prima, e la crescita stessa, poi, venivano messe in questione.

La Teoria del Dutch Disease

È complesso all'interno di un continuum storico definire dei momenti precisi in cui si crea una spaccatura, ma se il *peak oil* ha rappresentato la base di una trasformazione culturale ed accademica, in effetti l'articolo che probabilmente ha

⁷⁷ Bardi, Ugo. "Peak oil: The four stages of a new idea" *Energy* 34.3 (2009): 323–326.

⁷⁸ Hall, Charles AS, and Cutler J. Cleveland. "Petroleum drilling and production in the United States: Yield per effort and net energy analysis" *Science* 211.4482 (1981): 576–579.

⁷⁹ Bardi, Ugo, and Leigh Yaxley. "How general is the Hubbert curve? The case of fisheries" proceedings of the 4th ASPO workshop, Lisbon. 2005.

segnato la fine del vecchio ambito di studi e l'avvio del nuovo è "*The Dutch Disease*"⁸⁰ pubblicato dall'*Economist* nel 1977. In questo breve articolo, viene analizzata la relazione causale tra l'aumento degli input produttivi (con il conseguente sviluppo di quel comparto) e il successivo declino di altri settori economici, in particolare quello manifatturiero. Un avvenimento, questo, che realmente ebbe luogo nel 1959 nei Paesi bassi (da qui il nome) quando venne scoperto un ampio bacino di gas naturale a Slochteren. L'incremento nel reddito derivante dalle risorse naturali portò ad uno spaventoso processo di de-industrializzazione del paese che culminò con la fondazione della N.V. Nederlandse Gasunie⁸¹.

Un aumento della dotazione di capitale, quindi, nonostante innalzi i redditi, può produrre cambiamenti strutturali nell'economia che possono essere sgradevoli se non addirittura pericolosi. L'apprezzamento quasi inevitabile del tasso di cambio reale porta ad una contrazione dei settori tradizionali di esportazione e l'inflazione nei settori non scambiati⁸². Effetto che diviene ancora più estremizzato quando il paese in questione è in via di sviluppo e basa la propria economia sul settore primario. Il problema è stato in seguito analizzato da diversi autori⁸³ ma viene definitivamente esplicitato solamente nel 1982⁸⁴. In questo modello vengono distinti gli effetti di un boom di offerta di una risorsa produttiva (anche in questo caso venne utilizzato il petrolio) in due tipi: l'effetto *resource movement* e l'effetto *spending*. Il primo descrive la transizione dei "fattori mobili" nel settore petrolifero, che aumentano la loro rendita e causano la contrazione di altri settori. Il secondo effetto invece si riferisce all'aumento della spesa potenziale ed effettiva causata a sua volta

⁸⁰ "The Dutch Disease". *The Economist*, November 26, 1977. pp. 82–83.

⁸¹ Public-private partnership tra il governo olandese, la Esso e la Shell.

⁸² Barder, Owen Matthew. "*A policymakers' guide to Dutch disease*" Center for Global Development Working Paper 91 (2006).

⁸³ McKinnon, Ronald I. "*International transfers and non-traded commodities: the adjustment problem*" *The International Monetary System and the Developing Nations*, Washington, DC: Agency for International Development 98 (1976).

⁸⁴ Corden, W. Max, and J. Peter Neary. "*Booming sector and de-industrialisation in a small open economy*" *The economic journal* 92.368 (1982): 825–848.

dall'aumento delle rendite⁸⁵. La frontiera delle possibilità produttive si espande quando è incluso il settore petrolifero. L'aumento del benessere comporta un maggiore consumo di entrambi i beni, scambiati e non commerciabili (a meno che uno dei due non sia inferiore). L'aumento della domanda dei beni non commerciabili mette pressione al rialzo sui loro prezzi. L'output aumenta ricavando risorse dal settore delle commodities scambiate. Al contrario, l'aumento della domanda di beni scambiati è soddisfatto da importazioni a prezzi mondiali (costanti), che sono pagati con i proventi delle esportazioni di petrolio. Così, il settore dei beni e servizi scambiati deve contrarsi ed il prezzo di tali beni deve necessariamente diminuire, in sintesi: il tasso di cambio reale si apprezza. Ciò che si evince facilmente è che il *Dutch Disease Model* si fonda sulla centralità del tasso di cambio reale come variabile che determina il crollo di interi settori ed economie. Appare evidente quindi che, almeno da questo punto di vista, tale modello non sembrerebbe particolarmente collegato alle tematiche fin qui trattate. D'altronde è altresì vero che questo articolo ha segnato, a nostro avviso, un passo essenziale all'interno della ricerca. A prescindere della variabile presa in considerazione, per la prima volta si è potuto assistere ad un cambio di rotta per quanto riguarda la dotazione di capitale. Finalmente, infatti, il mondo accademico aveva ipotizzato che l'aumento di una risorsa produttiva potesse avere un effetto negativo sul sistema economico. Era sorto il dubbio.

Il Movimento Ambientale

Questo punto di svolta è talmente evidente che quello che oggi viene chiamato "Secondo Ambito Di Studi", altro non è che un insieme di ricerche volte a definire una relazione valida e coerente tra la crescita economica ed il livello di inquinamento ambientale, relazione che si fonda essenzialmente sull'uso – e sull'abuso – delle proprie risorse produttive e che non deve essere più necessariamente positiva.

⁸⁵Benjamin, Nancy C., Shantayanan Devarajan, and Robert J. Weiner. "The 'Dutch'disease in a developing country: Oil reserves in Cameroon" *Journal of Development Economics* 30.1 (1989): 71–92.

Gli anni '70 si aprono con una nuova, per certi versi rivoluzionaria, idea. Ovvero sia che la crescita economica e la liberalizzazione del commercio siano non solo fortemente correlati con l'ambiente, ma che tale relazione possa essere anche negativa. Il rischio che cominciava ad essere percepito, da punto di vista politico e sociale, era che le riforme politiche volte a promuovere esclusivamente la crescita e la liberalizzazione tendevano a tenere in scarsa considerazione le conseguenze ambientali⁸⁶. Quello che in seguito prese il nome di "movimento ambientale" (*environmental movement*), comincia a svilupparsi intorno a questi anni, con l'obiettivo dichiarato di comprendere in che modo la disponibilità di risorse naturali, l'utilizzo eccessivo di energia e più in generale le policy volte a sostenere il progresso tecnologico e commerciale, potessero essere compatibili con sentieri di crescita sostenibile⁸⁷. A contrastare in qualche modo questo nuovo corso vi era, inevitabilmente, la frangia neo-classica, secondo la quale "*limits to growth due to resource constraints were not a problem*"⁸⁸. Il grande limite di questi ultimi fu, ma in parte perdura tutt'ora, quello di estrapolare valori senza tener conto del progresso tecnico e delle variazioni future dei prezzi⁸⁹.

Negli anni '80, i problemi ambientali divennero più evidenti. Il surriscaldamento globale, il buco dell'ozono, la difesa delle biodiversità e tante altre tematiche diventarono improvvisamente il centro di ogni dibattito, portando il cuore dell'analisi sull'effetto che la crescita indubbiamente aveva sul degrado ambientale. Si smise, cioè, di prendere in considerazione la disponibilità di risorse naturali, concentrandosi invece sull'ambiente come mezzo di assimilazione dei rifiuti, il c.d. passaggio *from source to sink*. Ciò portò inevitabilmente a legare i concetti di crescita

⁸⁶ Arrow, Kenneth, et al. "Economic growth, carrying capacity, and the environment" *Science* 268.5210 (1995): 520.

⁸⁷ Meadows, D., Meadows, D., Zahn, E., & Milling, P., "*The Limits to Growth*", New York: Universe Books (1972)

⁸⁸ Beckerman, Wilfred. "*In defence of economic growth.*", London: Jonathan Cape, (1974); Lomborg, Bjørn. "*The skeptical environmentalist: measuring the real state of the world*". Vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, (2001).

⁸⁹ Neumayer, Eric. "*Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms*" Edward Elgar Publishing, 2003.

e sviluppo sostenibile, identificando nella gestione consapevole degli scarti non un modo, bensì il modo per uscire dalla povertà. È proprio in questa decade che, anche a seguito della pubblicazione di numerosi articoli in materia⁹⁰, il termine crescita economica viene affiancato al concetto di sviluppo sostenibile all'interno di paradigmi che prendevano in considerazione anche i paesi in via di sviluppo e che avevano come comune denominatore quello di prevedere un maggiore controllo. Diversi studi⁹¹ si concentrarono poi sull'impatto della politica economico-ambientale sul commercio e sull'attività economica, molti dei quali vennero poi raccolti in seguito nel World Development Report (1992). Si iniziò ritenere che un paese disponesse di una grande varietà ambientale se avesse avuto una capacità relativamente elevata di assimilazione, ovvero utilizzando le parole di Dean (1991) qualora avesse avuto "*a relatively greater ability to tolerate and absorb pollutants*"⁹².

Come Blackhurst (1977)⁹³ sottolinea, la capacità di assimilazione è influenzata non solo dalla capacità fisica di acqua, aria e terra di assorbire i rifiuti, ma anche dal livello degli inquinanti che la società è disposta a tollerare. Sempre nell'articolo proposto da Dean (ibidem), si riflette poi sul fatto che ipotizzando che i paesi abbiano identiche funzioni di produzione, di inquinamento e di abbattimento di un determinato bene, ci si aspetterebbe in un contesto di libero scambio che il paese con una capacità assimilativa relativamente maggiore, si specializzi più in produzioni inquinanti. Vale a dire, si presume il paese più dotato di capacità di assimilazione

⁹⁰ Uno su tutti: Brundtland, G. "*Report of the World Commission on environment and development: our common future*" WCED, 1987

⁹¹ Tra gli altri: Siebert, Horst. "*Environmental quality and the gains from trade*" *Kyklos* 30.4 (1977): 657–673.; Siebert, Horst. "*Closing costs in ailing industries: Comment on the Schneider paper*" *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)/Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 142.1 (1986); Pethig, Rüdiger. "*Pollution, welfare, and environmental policy in the theory of comparative advantage*" *Journal of environmental economics and management* 2.3 (1976): 160–169.; McGuire, Martin C. "*Regulation, factor rewards, and international trade.*" *Journal of public economics* 17.3 (1982): 335–354.; Baumol, William J., and Wallace E. Oates. "*The theory of environmental policy*" Cambridge University press, 1988.

⁹² Dean, Judith M. "*Trade and the Environment*" Policy Research Working Papers, World Bank, WPS 966 (1992).

⁹³ Blackhurst, Richard. "*International trade and domestic environmental policies in a growing world economy*" (1977)

abbia un vantaggio di prezzo nei beni la cui produzione è caratterizzata da maggiori livelli di emissioni. L'imposizione unilaterale della normativa ambientale da parte dei paesi ricchi dal punto di vista della qualità ambientale consiste nell'imposizione degli *Environmental Control Costs* (ECC) sui produttori, erodendo così il loro vantaggio di prezzo rispetto al paese estero. Questo ridurrà lo svantaggio del paese con un livello ambientale ridotto. Questo tipo di imposizione, quindi, non solo modifica strutturalmente il modello commerciale in atto ma ha come effetto diretto l'aumento dell'inquinamento nell'altro paese⁹⁴. A parità di regolamentazione, l'inquinamento è influenzato dalla capacità assorbente e viceversa. Quest'ultimo fenomeno venne definito <<*pollute thy neighbor via trade*>>, ma era nient'altro che la base logica e teorica per molto di quello che venne scritto nei decenni successivi. Il paper scritto da Dean venne infatti riproposto e ampliato in seguito da diversi autori, tra gli altri è importante ricordare il contributo di Slade (1992)⁹⁵. In questo modello l'autrice definisce e stima un modello per comprendere l'effettivo peso che gli ECC, e dunque la regolamentazione ambientale, hanno sull'economia e sulla salubrità dell'ambiente, partendo da 5 ipotesi abbastanza forti, ovvero: 1) gli attori del modello sottostanno a tutti i costi ECC, 2) i mercati sono concorrenziali, 3) l'approccio del modello è quello dell'equilibrio parziale, 4) vengono presi in considerazione solo i costi privati, 5) gli ECC sono uniformi e standardizzati. La conclusione a cui giunge è che, nonostante la convinzione diffusa, non vi sia un effetto negativo particolarmente forte nelle economie in via di sviluppo, ciò starebbe a significare che il mondo e più in particolare le zone meno avanzate che sono più esposte a rischio ambientale, potrebbero essere avvantaggiate da una regolamentazione stringente in materia ambientale

⁹⁴ Anche in assenza di inquinamento "transazionale".

⁹⁵ Slade, Margaret E. "*Environmental costs of natural resource commodities: magnitude and incidence*" No. 991. The World Bank, (1992).

Environmental Kuznets Curve

Conclusasi questo periodo che la pubblicazione del World Development Report, l'intero mondo accademico e politico guardava con grande interesse il progresso della ricerca in quest'ambito. Con l'inizio degli anni '90, infatti, si erano raggiunti importanti risultati. Innanzitutto ormai da diversi anni si era arrivati a concordare sul fatto che troppo input di capitale comporta un aumento del livello di emissioni e dunque diventa controproducente, in secondo luogo l'ambiente era diventato il nuovo protagonista della letteratura e si guardava ad esso non più quindi in chiave di mera riserva di risorse (source) ma anche come meccanismo di assorbimento di scarti e scorie (sink), per di più diversi testi definivano tale capacità assorbente come un vero e proprio input di produzione al pari di capitale, terra, lavoro e tecnologia. Infine, proprio in questi anni nasceva quella che oggi viene definita *l'Economia Ambientale*, una scienza che cerca di analizzare anche la rilevanza delle policies pubbliche. Riguardo proprio tale argomento – ancora agli esordi – venne inizialmente analizzato il tema degli ECC.

Il motivo per cui si ritiene che il “secondo ambito di studio” torvi in questi anni il suo punto culminante è perché è proprio agli inizi degli anni '90 che viene introdotto il concetto di **Environmental Kuznets Curve** (da ora in avanti EKC), grazie ai contributi di diversi autori quali Grossman e Krueger (1991)⁹⁶, Shafik e Bandyopadhyay (1992)⁹⁷ e Lucas et al. (1993)⁹⁸, attraverso il quale veniva dimostrato che “*in the longer run, the surest way to improve your environment is to become rich*” e che portò addirittura ad ipotizzare che, dato che la regolamentazione poteva agire da freno ai fenomeni di crescita economica, essa potesse essere causa di una riduzione della qualità

⁹⁶ Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. “*Environmental impacts of a North American free trade agreement*”. No. w3914. National Bureau of Economic Research, (1991).

⁹⁷ Shafik, Nemat, and Sushenjit Bandyopadhyay. “*Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence*”. Vol. 904. World Bank Publications, (1992).

⁹⁸ Lucas, Robert EB, David Wheeler, and Hemamale Hettige. “*Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution*”, 1960–88. Vol. 1062. World Bank Publications, (1993).

ambientale. Ciò che però venne non solo ipotizzato ma anche dimostrato, fu che questa relazione fra crescita economica e qualità ambientale, per quanto potesse essere a volte forte altre debole, oppure negativa come anche positiva, di certo non era fissa nel percorso di sviluppo di un paese ma che variava in funzione delle caratteristiche della domanda, più o meno sensibile a questioni di carattere ambientali.

L'Environmental Kuznets Curve è la relazione ad U invertita (*inverted u-shape*) tra il deterioramento ambientale e la crescita economica e prende evidentemente il nome dalla ben nota relazione *income-inequality* proposta da Simon Kuznets⁹⁹. L'intuizione è che, a fronte di uno sviluppo economico relativamente basso, anche la quantità e la qualità dell'inquinamento siano in qualche modo limitate e rappresentate dal naturale impatto di economie di sussistenza basate sulle risorse o, al massimo, dall'esiguo livello di rifiuti biodegradabili. All'intensificarsi, però, dello sfruttamento dei terreni agricoli, dei processi di estrazione delle risorse e del livello di industrializzazione di un paese, sia la produzione di rifiuti che l'esaurimento delle risorse subiranno una accelerazione. D'altro canto, quando si è in presenza di un vero e proprio sviluppo economico, si assisterà prima al raggiungimento di un determinato livello massimo di income, il c.d. *turning point*, e poi ad un cambiamento strutturale verso industrie e servizi "*information based*", dunque tecnologie più efficienti e una maggiore domanda di eco sostenibilità che significa nient'altro che un livellamento, o addirittura una riduzione progressiva dell'*environmental degradation*. Con redditi più alti aumenta, dunque, la domanda di beni e servizi a ridotta intensità di materiali, così come la domanda di qualità e di informazione, il che porta all'adozione di misure di protezione ambientale.

L'idea di Grossman e Krueger è abbastanza chiara ed immediata: ricchezza e inquinamento sono indissolubilmente legate: "*if the composition of output and the*

⁹⁹ Kuznets, Simon "*Economic Growth and Structure: Selected Essays*" 1965. New York: Norton; Modern Economic Growth: Rate, Structure, and Spread. New Haven: Yale University Press. (1966)

methods of production were immutable, then damage to the environment would be inextricably linked to the scale of global economic activity"¹⁰⁰. La genesi di questo articolo, che ha segnato in maniera indelebile l'intero ambito di studi economici-ambientali, va ricercato direttamente nei processi di crescita ed espansione commerciale che ha caratterizzato gli Stati Uniti nell'ultimo decennio del secolo passato. In questo periodo infatti veniva ultimato e definitivamente reso operativo il NAFTA¹⁰¹ e le preoccupazioni dei diversi gruppi di lobby rispecchiavano una crescente percezione da parte degli ambientalisti di tutto il mondo che un sistema commerciale mondiale aperto poteva essere dannoso e contrario al raggiungimento dell'obiettivo di preservare un ambiente pulito, sano e sostenibile. Gli ambientalisti avevano infatti espresso una serie di motivi per temere un commercio più libero e un aumento degli investimenti diretti tra gli Stati Uniti e il Messico, poiché questi avrebbero potuto aggravare i già pesanti problemi di inquinamento nello stato centro-americano. Alcuni sostenevano semplicemente che qualsiasi espansione dei mercati e dell'attività economica avrebbe condotto inevitabilmente a più inquinamento e ad un più veloce esaurimento delle risorse naturali "scarse". Un'ulteriore critica al libero mercato riconosceva che l'inquinamento fosse già un problema in Messico e che le deboli infrastrutture regolamentari del Paese avrebbero potuto non resistere. In quelle condizioni, si temeva che qualsiasi ulteriore processo di industrializzazione, che derivi dalla liberalizzazione del commercio e degli investimenti, avrebbe esacerbato una situazione già grave. Gli ECC sono alti negli Stati Uniti e bassi o trascurabili in Messico. Come diretta conseguenza dell'asimmetria di norme e degli investimenti per l'applicazione delle stesse, si sarebbe determinato un vantaggio

¹⁰⁰ Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. "Economic growth and the environment". No. w4634. National Bureau of Economic Research, 1994.

¹⁰¹ Il North American Free Trade Agreement (Accordo nordamericano per il libero scambio), conosciuto anche come TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte o più semplicemente TLC), è un trattato di libero scambio commerciale stipulato tra Stati Uniti, Canada e Messico, firmato il 17 dicembre 1992 ed entrato in vigore il 1° gennaio 1994.

competitivo per i produttori messicani ed una spinta per le imprese USA a trasferire i propri impianti di produzione oltre il confine¹⁰².

In queste circostanze la liberalizzazione dei flussi commerciali e di investimento può rafforzare gli incentivi per il c.d. "dumping ambientale". I risultati di questa ricerca furono in qualche modo sorprendenti. Grossman e Krueger dimostrarono infatti che vi era, quantomeno nei contesti presi di riferimento, una relazione tra inquinamento e income individuale. Relazione che era positiva fino a che i livelli di income erano ridotti ma che, raggiunti i *turning point* (stimati tra i 4.000 e i 5.000 dollari), si trasformava in negativa. Un regime commerciale più liberale e un maggiore accesso al mercato dei paesi più ricchi è in grado di generare la crescita del reddito in paesi sottosviluppati, inoltre la liberalizzazione del commercio può anche aumentare la specializzazione dei paesi in via di sviluppo nei settori meno capital-intensive e, perciò, più puliti. L'equazione proposta da Grossman e Krueger è:

$$E_{it} = \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \beta_3 Y_{it}^3 + \beta_4 \bar{Y}_{it-} + \beta_5 \bar{Y}_{it-}^2 + \beta_6 \bar{Y}_{it-}^3 + \beta_7 X_{it}' + \epsilon_{it}$$

Dove i pedici i e t rappresentano rispettivamente il contesto geografico ed il periodo preso in considerazione, E rappresenta il livello di inquinamento calcolato come concentrazione media giornaliera di fattori inquinanti rappresentati da SO_2 ¹⁰³ e particolati aerei (altresì chiamati *smoke*), Y il reddito pro-capite in relazione ad un paniere di beni calcolato a prezzi internazionali¹⁰⁴, \bar{Y} la media del reddito pro-capite nei tre anni precedenti, X rappresenta altre variabili ed ϵ è l'errore, infine i vari β sono i parametri da stimare. I redditi e le medie dei redditi degli anni precedenti sono

¹⁰² Questo tipo di impresa viene definita "*maquiladora*".

¹⁰³ L'anidride solforosa è un gas corrosivo che è stato collegato a malattie respiratorie e altri problemi di salute. Viene emessa naturalmente da vulcani, materia organica in decomposizione e spruzzi del mare. Le principali fonti antropiche di SO_2 sono la combustione di combustibili fossili nella produzione di elettricità, il riscaldamento domestico e la fusione dei minerali non ferrosi (World Resource Institute, 1988).

¹⁰⁴ Dati presi da: Summers, Robert, and Alan Heston. "The Penn World Table (Mark 5): an expanded set of international comparisons, 1950–1987" NBER Working Paper R1562 (1991).

elevati al quadrato e al cubo per evidenziare il c.d. *effetto di reddito permanente*¹⁰⁵. Sotto viene mostrata la relazione tra reddito pro-capite ed inquinamento aereo urbano.

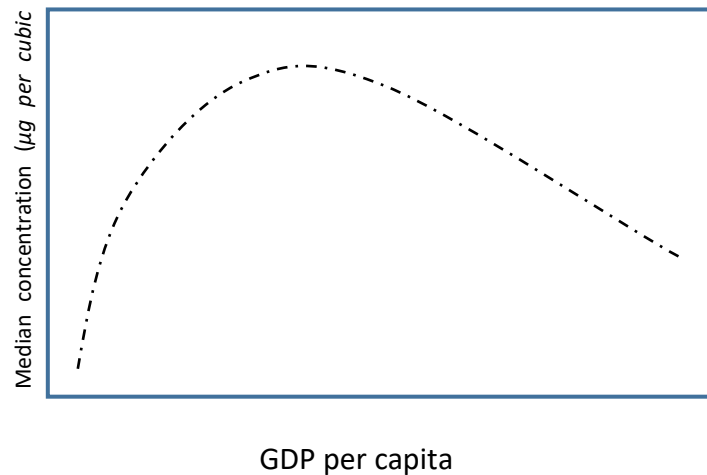


Figura 30 – EKC proposta da Grossman e Krueger

Shafik and Bandyopadhyay, l'anno seguente, propongono sulla falsa riga del contributo di Grossman e Krueger, un'analisi più ampia. Partendo dai medesimi problemi di assoluta difficoltà ad individuare le fonti di informazione – soprattutto a causa del fatto che la regolamentazione ambientale era ed è una materia non standardizzata – i due autori forniscono un nuovo modo di osservare il problema.

La novità non consiste però tanto nella forma ma quanto nei contenuti. Essi infatti prendono in considerazione la relazione che lega il livello di Income pro-capite definito in termini di parità del potere d'acquisto (PPP) con una serie molto variegata di indicatori di inquinamento, come variabile dipendente, ovvero sia: mancanza di acqua pulita, mancanza di igiene pubblica, livelli di particolato aereo, livelli di anidride solforosa, variazione di aree forestali, tasso di deforestazione, livello di ossigeno dissolto nei corsi d'acqua, coliformi fecali nei corsi d'acqua, rifiuti comunali per-

¹⁰⁵ Friedman, Milton, and National Bureau of Economic Research. "A theory of the consumption function". Vol. 63. Princeton: princeton university press, 1957.

capita, emissioni di carbonio per-capita. L'equazione da loro proposta e stimata è la seguente:

$$E_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 \ln Y_{it} + \alpha_3 \ln Y_{it}^2 + \alpha_4 \ln Y_{it}^3 + \alpha_5 \text{time}$$

La conclusione a cui arrivano è che vi sono differenti pattern di degrado ambientale, in funzione proprio del tipo di agente inquinante (o variabile presa in considerazione). Vi sono infatti diversi pattern che riflettono le scelte sociali riguardanti la qualità ambientale per differenti livelli di reddito pro-capite. Alcuni indicatori migliorano, altri peggiorano, altri infine non sembrano avere alcuna relazione. L'acqua e l'igiene pubblica, ad esempi, sono indicatori che migliorano quasi immediatamente all'aumentare degli income, mentre l'inquinamento aereo tende a modificarsi solo quando viene raggiunto un livello medio-alto di ricchezza pro-capita. Questo probabilmente è da inquadrare all'interno di un approccio costi privati\pubblici, infatti questa tipologia di inquinamento determina importanti esternalità negative a livello locale, è relativamente costosa da abbattere ed è normalmente associata a contesti industrializzati. Infine, il caso di problemi ambientali come i rifiuti e le emissioni di carbonio, rientrano in un pattern totalmente differente. In questi casi, infatti, le emissioni (e le cause stesse di queste ultime) possono essere esternalizzate verso paesi diversi, per cui non vi è un'evidente variazione all'aumentare dell'Income privato. Anche questi autori, dunque concordano sul fatto che il miglioramento della qualità dell'ambiente circostante non è un automatismo del sistema economico ma, bensì, il frutto di *policies* definite e chiare volte a ridurre l'impatto negativo della crescita deregolamentata.

Del medesimo avviso sono anche Robert E.B. Lucas, David Wheeler e Hemamala Hettige. Molti, fino a quegli anni, ritenevano infatti che la regolamentazione non avesse un effetto evidente sull'inquinamento, gli autori di questo articolo del 1992 invece sono concordi nel ritenere che essa sia fondamentale. Quello che essi scoprono è che le emissioni tossiche crescono più del PIL nei paesi poveri e viceversa nei paesi ricchi ed ipotizzano che ciò sia legato al fatto che i paesi

ricchi hanno meno attività manifatturiere, perciò inquinanti, rispetto ai paesi in via di sviluppo. Sono essi stessi ad affermare infatti che: *“rising manufacturing emission intensity with income might simply reflect a shift toward comparative advantage in more capital intensive industries”*. In secondo luogo notano che le regolamentazioni tipicamente stringenti dei paesi OECD hanno avuto come effetto una delocalizzazione nei paesi meno sviluppati e che il grado di apertura commerciale ha una forte influenza sul grado di emissioni.

Per Lucas, Wheeler ed Hettige, l'inquinamento è dettato dal mix di prodotto creato (effetto composizione), dalla metodologia di trasformazione (effetto tecnico) ma anche dal modo in cui si gestiscono gli scarti. Loro si concentrano sul primo effetto. Lo sviluppo infatti significa un aumento della quantità di commodities per le quali si ha un vantaggio di costo relativo. Ciò può essere dovuto a: A) maggior capitale disponibile per lavoratore; B) maggior conoscenza tecnica; C) maggior utilizzo delle risorse naturali. Oltretutto vi sarebbero tre diverse cause per la evidente variabilità delle regolamentazioni anti inquinamento in giro per il mondo, ovvero sia: l'iniquità economica (più si è ricchi più si pretende qualità ambientale), la variegata capacità dell'ambiente di assorbire le emissioni (non tutti i contesti sono capaci di reggere in egual modo l'inquinamento), l'incapacità legislativa (poiché non tutti i governi sanno redigere leggi complete ed efficaci). Per questo motivo gli autori ritengono che le forze che possono spiegare l'inquinamento mondiale siano

- Le differenze nei vantaggi comparati
- Le differenze nella regolamentazione
- Le differenze nelle forme politiche al comando

L'equazione che propongono e stimano è la seguente:

$$\ln E_{it} = \gamma_1 + (\gamma_2 + \gamma_3 Y_{it})T + (\gamma_4 + \gamma_5 Y_{it})Y_{it}$$

Dove E_{it} è il livello di inquinamento, definito dagli autori come *Toxic Intensity*, misurato in libbre di emissioni tossiche per 1.000 US\$ del 1987 sul GDP per ogni

paese. Y_{it} è una misura della ricchezza rappresentata dal *Real Income* per capita (\$US 1987) e T è il tempo. Essi dimostrano che l'inquinamento varia, secondo la teoria EKC, con una forma a U rovesciata, rispetto all'Income individuale. Fanno però notare che ciò avviene perché il rapporto *Toxic Intensity* (inquinamento\GDP) si riduce a causa del fatto che la quantità di ricchezza generata dall'industria manifatturiere pesante si riduce all'aumentare della ricchezza individuale. Perciò è il denominatore di questo rapporto che fa "ricadere" la curva dopo un determinato turning point. L'intensità di tossicità infatti non si riduce ad alti livelli di reddito. Lucas usa inoltre l'indice di Dollar¹⁰⁶ che dà un valore al "livello di distorsione dei prezzi" per capire meglio come il regime commerciale influisca sul livello di inquinamento e dimostra che il regime di politica commerciale (nella dicotomia apertura VS chiusura) ed il livello di income possono avere enorme influenza, in particolare infatti i paesi "chiusi e in crescita veloce" hanno sperimentato un forte aumento della tossicità.

Da questi primi contributi sul rapporto tra qualità dell'ambiente e ricchezza creata è nata una vera e propria corrente di studi che si fondava sulla volontà di interpretare questo rapporto, a volte chiaro ed evidente a volte difficile da definire. Tutti hanno ipotizzato e sono concordi nel ritenere che la relazione tra crescita economica e qualità ambientale, sia essa positiva o negativa, non è fissa lungo il percorso di sviluppo di un paese; anzi può cambiare segno da positivo a negativo a seconda che un paese raggiunga un livello di reddito in cui le persone chiedono e offrono un'infrastruttura più efficiente e un ambiente più pulito.

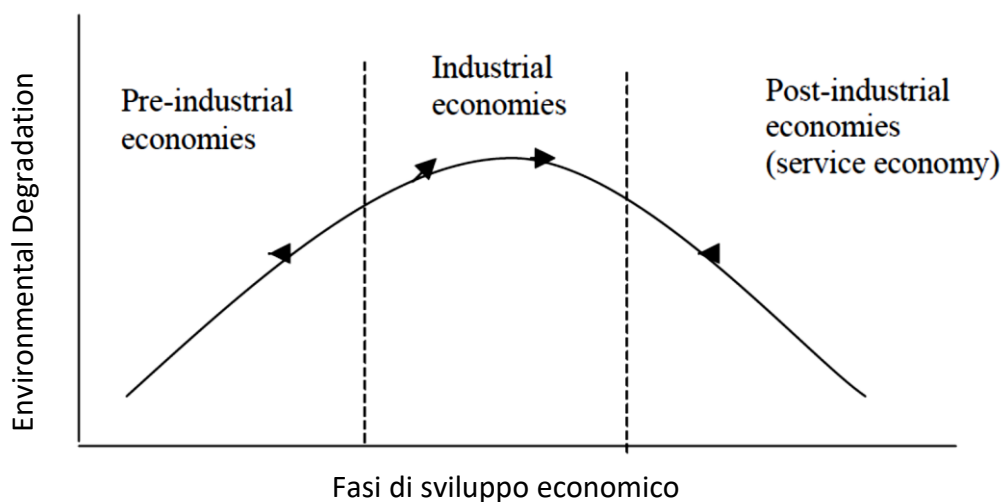
Secondo Panayotou (2003)¹⁰⁷, una simile impostazione ci permetterebbe di interpretare la EKC anche come un possibile percorso temporale di sviluppo, all'interno del quale si possono evidenziare le diverse fasi del ciclo di vita di un

¹⁰⁶ In breve, l'indice di Dollar usa l'indice dei prezzi Summers e Heston per un paniere costante di materie prime in tutti i paesi. Sotto il libero scambio, un tale paniere di beni commerciabili dovrebbe avere lo stesso prezzo in tutto il mondo. Variazione rispetto all'unità possono quindi essere interpretate come conseguenza di una qualche forma di barriera commerciale.

¹⁰⁷ Panayotou, Theodore "*Economic Growth and The Environment*", Harvard University and Cyprus International Institute of Management (2003)

organismo economico con conseguenti implicazioni di politica economica. Egli si domandò se e quando il degrado ambientale: A) aumenta in modo monotono, B) diminuisce in modo monotono, C) aumenta prima e poi declina poi lungo il percorso di sviluppo naturale del paese, poiché tale riflessione poteva avere implicazioni importanti per la politica. Nella prima parte, tipica dei paesi in via di sviluppo, si assiste ad una crescita importante di entrambi i valori ma diviene necessario l'intervento pubblico, attraverso una regolamentazione del comparto, al fine di limitare il degrado ambientale ma anche per adeguare la dimensione dell'attività economica con l'ecosistema (ecological life-support system)¹⁰⁸. La riduzione monotona della curva, invece, suggerisce che si è in presenza di una economia post-industriale, basata sui servizi, all'interno della quale una regolamentazione che acceleri ulteriormente l'attività economica comporta anche dei miglioramenti del contesto ambientale, e ciò rende le norme sull'ambiente non soltanto non necessarie ma perfino, almeno per alcuni studiosi, controproducenti qualora rallentassero la crescita.

Figura 31 – EKC proposta da T. Panayotou



¹⁰⁸ Arrow et al. 1995, op. cit..

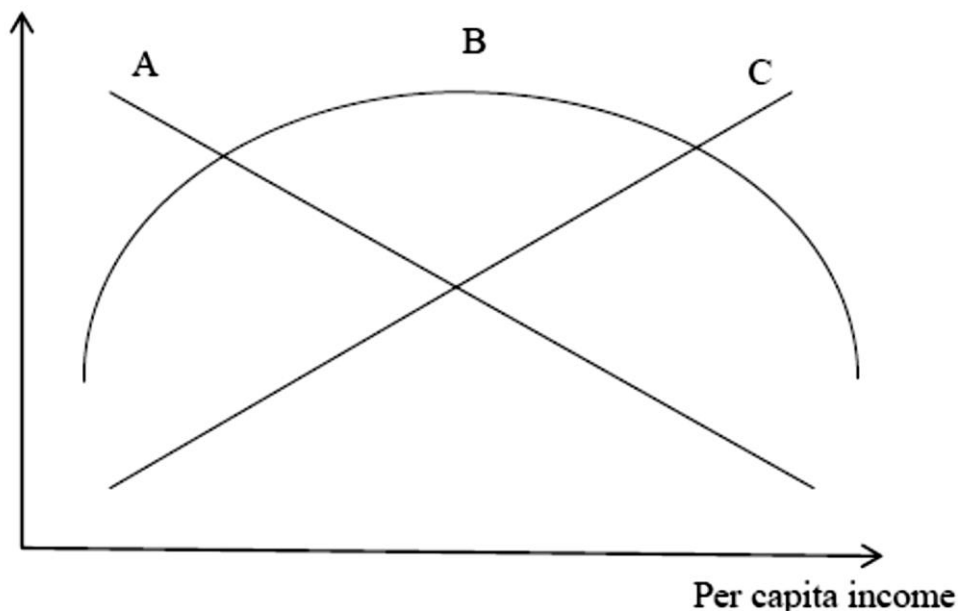
Un'ulteriore equazione che è stata molto usata e formalmente stimata, è quella proposta invece da Van Alstine e Neumayer (2010)¹⁰⁹, i quali invece hanno posto particolare attenzione sulle differenze tra i singoli paesi, ritenendo infatti la EKC tanto veritiera quanto non univoca. Il loro contributo, infatti, è fondamentale poiché individua nella singolarità del contesto economico analizzato, l'elemento chiave per comprendere la curva di Kuznets, per poterne stimare i parametri ma, soprattutto, per poterne definire la forma e la direzione, non essendo più, quest'ultima, necessariamente una U invertita. Secondo questa impostazione, la curva assume la seguente espressione:

$$E_{it} = \eta_1 Y_{it} + \eta_2 Y_{it}^2 + (\eta_3 + \eta_4 F_i) + k_t + \epsilon_{it}$$

Dove E_{it} e Y_{it} rappresentano sempre il livello di emissioni ed il PIL pro-capite, ϵ_{it} continua ad essere l'error term, mentre k_t rappresenta una dummy o un trend del periodo t, infine F_i sono gli effetti tipici del paese considerato.

Environmental Degradation

Figura 32 – EKC proposta da Van Alstine e Neumayer



¹⁰⁹ Van Alstine, James, and Eric Neumayer. "The Environmental Kuznets curve" London School of Economics and Political Science, Houghton Street, London (2010): 49.

Questa EKC evoluta mostra quindi l'importanza che assume il contesto, oltretutto è stato dimostrato che se η_1 è negativo e statisticamente significativo e η_2 invece non lo è, si assisterà ad una curva monotonicamente sempre decrescente (fig. 3 – percorso A), che mostrerebbe un caso molto particolare di miglioramento sia economico che ambientale (ad esempio la scoperta di una fonte di acqua pulita). Se invece η_1 è positivo, a parità di condizioni, si assisterà ad un EKC lineare e crescente (fig. 3 – percorso C), che caratterizza invece i contesti in cui il “turning point”, ovvero il punto di massimo in cui si assiste al noto cambio strutturale, è troppo alto, si pensi ad esempio alle emissioni di CO2 dell'inizio del XX° secolo. È dimostrabile che, comunque, la forma più comune della EKC è evidentemente quella classica ad U invertita (fig. 3 – percorso B), nella quale il parametro η_1 è positivo e significativo mentre η_2 è negativo e significativo, ed il turning point\punto di massimo è calcolabile come:

$$Y^* = \frac{-\eta_1}{2\eta_2}$$

Negli ultimi anni, la letteratura si è concentrata infine sul testare la validità matematica della EKC. Questa curva, infatti, è essenzialmente un fenomeno empirico che è stato, però, analizzato per lo più secondo una prospettiva puramente teorica, rendendolo perciò “debole da un punto di vista econometrico”¹¹⁰. Se alcuni risultati dimostrano, infatti, che i problemi derivanti dall'inquinamento vengono prima o poi affrontati e risolti nelle economie in via di sviluppo¹¹¹, il punto cruciale appare comunque quale tipo di agente inquinante viene preso in considerazione; scelta che

¹¹⁰ Stern, David I., “*The Environmental Kuznets Curve*”, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, (June 2003)

¹¹¹ Dasgupta, Susmita, et al. “*Confronting the environmental Kuznets curve*” *The Journal of Economic Perspectives* 16.1 (2002): 147–168.

può portare a risultati diversi, si pensi al caso delle emissioni di solfuri¹¹² e di diossido di carbonio¹¹³.

L'ipotesi EKC, lì dove supportata dai dati, mostra inequivocabilmente la necessità, per ogni stato o contesto economico, di adeguarsi alla situazione contingente, di non credere in alcuna regola aurea sempre valida e, soprattutto, di prendere in forte considerazione l'orizzonte temporale delle proprie politiche di sviluppo, le quali possono essere tanto positive nel lungo periodo, cioè in corrispondenza di alti livelli di reddito personale, quanto dannose a breve termine.

Ad oggi, la letteratura spiega in diversi modi la tipica forma ad U di questa curva, i quali possono genericamente essere riassunti in questi cinque:

1. Innanzitutto, come già precedentemente detto, crescita economica significa uso di tecnologia e capitali tendenzialmente più moderni e meno inquinanti. Ciò, però, se è vero per quanto concerne i livelli di inquinamento per output prodotto, può non essere vero in termini assoluti¹¹⁴.
2. Legato al punto precedente, il progresso inteso in termini economici può comportare un cambio strutturale, riducendo il peso del settore secondario – tipicamente inquinante – ed aumentando invece la rilevanza dei servizi, di norma caratterizzati da un minor impatto¹¹⁵.
3. La qualità dell'ambiente in cui si vive si identifica perfettamente come un bene normale, la cui quantità domandata aumenta all'aumentare del reddito disponibile, arrivando a volte ad essere accumulabile ad un bene di lusso. Ciò significa che, in poche parole, l'elasticità della domanda rispetto al reddito è

¹¹² Perman, Roger, and David I. Stern. "Evidence from panel unit root and cointegration tests that the environmental Kuznets curve does not exist" *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 47.3 (2003): 325–347.

¹¹³ Coondoo, Dipankor, and Soumyananda Dinda. "Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis" *Ecological Economics* 40.3 (2002): 351–367.

¹¹⁴ Lopez, Ramon. "The environment as a factor of production: The economic growth and trade policy linkages" *World Bank Discussion Papers*, (1992).

¹¹⁵ Jänicke, Martin, Manfred Binder, and Harald Mönch. "'Dirty industries': Patterns of change in industrial countries" *Environmental and resource economics* 9.4 (1997): 467–491.

certamente maggiore di zero, se non addirittura molto maggiore di uno, ciò perché all'aumentare del reddito aumenta l'attenzione dei cittadini verso queste tematiche¹¹⁶, la preoccupazione¹¹⁷ e la volontà di informarsi.

4. I paesi sviluppati sono maggiormente capaci di soddisfare la richiesta di protezione ambientale attraverso le proprie istituzioni¹¹⁸.
5. L'aumento del reddito comporta una riduzione del tasso di natalità, riducendo in questo modo la pressione della popolazione sul contesto ambientale, e per quanto non tutti siano in accordo su questo punto¹¹⁹, è altresì evidente che "larger populations generate more emissions"¹²⁰.
6. In conclusione è però doveroso ricordare che l'aumento del reddito pro-capite non coincide con un aumento dell'output in termini materiali, bensì in termini di valore di quest'ultimo¹²¹.

Nel medesimo periodo in cui lo studio e la dimostrazione della EKC diveniva un argomento centrale nel mondo accademico internazionale, un esiguo (almeno agli inizi) gruppo di studiosi dava inizio a quello che chiamiamo "terzo ambito di studi". Per quanto la ricerca stessa non sembri essere completa e vicina ad una sintesi definitiva e per quanto gli studiosi afferenti questo ramo non siano ancora concordi sui risultati, si può comunque pacificamente affermare che questo filone si quello più vivo e che desta maggiore interesse nel panorama mondiale. L'obiettivo comune è quello di unire i primi due ambiti finora visti e di ampliare ulteriormente l'arena di analisi e discussione. Una volta accettate le prime due tesi, ovvero sia che:

¹¹⁶ Martinez-Alier, Juan. "The environment as a luxury good or "too poor to be green"?.*" Ecological Economics* 13.1 (1995): 1–10.

¹¹⁷ Beckerman, Wilfred. "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?." *World development* 20.4 (1992): 481–496.

¹¹⁸ Neumayer, E. (2003) op. cit.

¹¹⁹ Simon, Julian. "The ultimate Resource". Princeton University Press. Princeton, New Jersey (1996).

¹²⁰ UNDP, "Human Development Report Statistics" CD–Rom. New York: United Nations Development Programme (1999)

¹²¹ Pezzey, John. "Sustainability: an interdisciplinary guide" *Environmental values* (1992): 321–362.

- La dotazione di capitale è fondamentale ma può avere dei risvolti negativi sulla salubrità ambientale ed il paradigma di riferimento è il modello H–O.
- L'Income pro–capite è legato al livello di degrado ambientale probabilmente secondo un relazione ad U–invertita e gli Environmental Control Costs rivestono un ruolo rilevante nei processi di riduzione delle emissioni.

Ci si chiede quali siano i veri fattori predominanti il processo di *Environmental Degradation*. Una critica specifica rivolta alla teoria dell'EKC è che non tiene conto dei flussi commerciali che possono, almeno in parte, spiegare una riduzione dell'inquinamento nelle economie ad alto reddito e l'inverso nelle economie a basso reddito. I risultati possono quindi essere una guida politica altamente fuorviante in un mondo in cui la tutela dell'ambiente risponde in modo endogeno al mutare delle condizioni. La globalizzazione, aumentando la concorrenza per gli investimenti, può innescare il c.d. "race to bottom"¹²², ovvero sia una corsa verso il fondo. Le economie povere possono essere in grado di migliorare la qualità ambientale attraverso l'aumento dei loro livelli di reddito a seguito di investimenti diretti esteri. La globalizzazione può facilitare e stimolare la riduzione dell'inquinamento. Infatti, il "bottom" aumenta con la crescita economica e la globalizzazione può diventare una forza trainante per lo sviluppo economico globale¹²³.

La Pollution Haven Hypothesis

L'opinione non è unanime circa i benefici del processo di internazionalizzazione. L'economia globale pone il problema di potenziali conflitti tra due potenti tendenze attuali: l'accettazione in tutto il mondo del processo di riforma economica market–oriented e la tutela dell'ambiente¹²⁴. Va ricordato, a tal proposito,

¹²² Wheeler, David. "Racing to the bottom? Foreign investment and air quality in developing countries" Unpublished working paper, The World Bank, November (2000).

¹²³ Tisdell, Clem. "Globalisation and sustainability: environmental Kuznets curve and the WTO." *Ecological Economics* 39.2 (2001): 185–196.

¹²⁴ Dinda, Soumyananda. "Globalization and Environment: Can Pollution Haven Hypothesis alone explain the impact of Globalization on Environment?." MPRA paper 50590 (2006).

che un'attività inquinante in un paese ad alto reddito normalmente affronta costi superiori rispetto alla sua controparte in un paese in via di sviluppo¹²⁵. In queste circostanze le industrie ad alta intensità di inquinamento avranno una naturale tendenza a migrare verso paesi con normative ambientali deboli¹²⁶. Questo processo viene definito come il *Pollution Haven Hypothesis*¹²⁷ (altresì abbreviata come PHH). La PHH prevede che, sotto il libero scambio, le imprese multinazionali tenderanno a spostare la produzione dei loro beni ad alta intensità di inquinamento verso i paesi in via di sviluppo, sfruttando il ridotto monitoraggio ambientale di questi paesi. Nel corso del tempo, i paesi in via di sviluppo assisteranno alla creazione di un vero e proprio vantaggio comparato in settori ad alta intensità di inquinamento e diventeranno dei "rifugi" per le industrie inquinanti del mondo. Per tale motivo si ritiene che i paesi sviluppati godranno di benefici in termini di qualità ambientale grazie al commercio, mentre i paesi in via di sviluppo vedranno aumentare il livello di emissioni. In altre parole, la PHH suggerisce in sostanza che i paesi che hanno standard ambientali più severi perderanno tutte le industrie "sporche" ed i paesi poveri (cioè quelli che hanno standard ambientale più poveri) ne saranno a mano a mano riempiti. L'offerta relativa (RS) di beni ad alta intensità fattoriale (e quindi inquinanti) sarà maggiore nei paesi in cui vi è un vantaggio, in termini di regolamentazione, nella produzione del suddetto bene. Numerosi sono gli studi che hanno esplorato questa interessante ipotesi e, dunque, la possibilità che regolamentazioni più stringenti in paesi *high-income* possano stimolare la migrazione delle industrie inquinanti verso paesi in via di sviluppo. Nessuna di queste analisi è tuttavia riuscita a individuare prove sistematiche in supporto all'ipotesi PHH.

¹²⁵ Mani, Muthukumara, and David Wheeler. "In search of pollution havens? Dirty industry in the world economy, 1960 to 1995" *The Journal of Environment & Development* 7.3 (1998): 215–247.

¹²⁶ Copeland, Brian R., and M. Scott Taylor. "Trade and transboundary pollution" *The American Economic Review* (1995): 716–737.

¹²⁷ Bommer, Rolf. "Economic integration and the environment" Books (1998); Cole, Matthew A. "Development, trade, and the environment: how robust is the Environmental Kuznets Curve?" *Environment and Development Economics* 8.04 (2003): 557–580.; IDEM "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages" *Ecological economics* 48.1 (2004): 71–81.

Oltretutto le metodologie usate sono molto diverse tra loro come anche diverse sono le misure dei vari indicatori, comportando una evidente difficoltà di comparazione. Tobey (1990) esamina la relazione tra le emissioni ed i pattern di commercio internazionale, trovando una, seppur piccola, relazione con le politiche nazionali¹²⁸. Low e Yeats (1992) trovano che la quantità di export “sporco” prodotto dai paesi sviluppati è maggiore dei paesi in via di sviluppo¹²⁹. Birdsall e Wheeler (1993) esaminano la relazione tra apertura commerciale e *pollution intensity* in America Latina e trovano una correlazione tra crescita nei paesi ricchi e politiche ambientali stringenti¹³⁰, pur non riuscendo a distinguere se il fattore causale sia la regolamentazione o una trasformazione strutturale. Tutti questi studi hanno in comune soprattutto alcune debolezze, ovvero adottano ipotesi troppo semplificatrici e irrealistiche¹³¹. Non deve quindi sorprendere se vi sono conclusioni così diverse.

La Factor Endowment Hypothesis

Un ulteriore argomento di analisi riguardava invece l’effetto che avrebbe dovuto avere, sul livello di emissioni nocive, un utilizzo elevato dell’input fisico, ovvero il capitale. L’idea di fondo è abbastanza intuitiva: alcuni paesi hanno, per ragioni che in seguito si tenterà di analizzare, rapporti capitale–lavoro maggiori di altri, per questi paesi ci sarà un evidente vantaggio comparato a specializzarsi nei c.d. settori capital–intensive; accade dunque che parte di questo capitale di dotazione possa essere inquinante, ovvero sia che la produzione, di cui esso ne rappresenta l’input fondamentale, sia anche pollution–intensive¹³².

¹²⁸ Tobey, James A. "The effects of domestic environmental policies on patterns of world trade: an empirical test" *Kyklos* 43.2 (1990): 191–209.

¹²⁹ Low, Patrick, and Alexander Yeats. "Do "dirty" industries migrate?" World Bank Discussion Papers (1992).

¹³⁰ Birdsall, Nancy, and David Wheeler. "Trade policy and industrial pollution in Latin America: where are the pollution havens?" *The Journal of Environment & Development* 2.1 (1993): 137–149.

¹³¹ Come intensità e costi costanti tra i vari paesi.

¹³² Bruneau, Joel F. "Pollution terms of trade and the composition of manufacturing". Working paper series, Department of Economics, University of Saskatchewan, Saskatoon, (2010)

È stato infatti dimostrato che la maggior parte delle industrie ad alta intensità di capitale tendano ad essere inquinanti¹³³. Un fattore produttivo è inquinante quando, per la sua natura (causa endogena) o per insufficienza nella regolamentazione o nel livello tecnologico (cause esogene), non è possibile utilizzarlo – nonostante l'evidente vicinanza geografica, la facilità di estrazione e l'economicità del processo produttivo in loco – senza arrecare un danno quantificabile all'ambiente¹³⁴. In un contesto ricco di questo particolare input, è dunque ipotizzabile che il panorama industriale si focalizzi su processi produttivi inquinanti e che, in definitiva, esista una relazione diretta e positiva tra il grado di utilizzo del fattore produttivo inquinante che si ha in dotazione ed il livello di emissioni e, dunque, di inquinamento che caratterizza quel determinato territorio.

Quanto finora detto viene più comunemente definita: *Factor Endowment Hypothesis* (anch'essa abbreviata come FEH). Tale ipotesi si basa dunque sull'idea che l'abbondanza del fattore inquinante, insieme ovviamente ad altri fattori più esogeni come la tecnologia, determini flussi commerciali, e soprattutto di specializzazione¹³⁵ e inoltre che tali paesi, relativamente ricchi di fattori usati in modo intensivo da parte di industrie inquinanti, diventeranno, in media, più sporchi all'aumentare della liberalizzazione commerciale e viceversa. Diversi autori hanno cercato di stimare e provare tale affascinante ipotesi.

Gale and Mendez (1998) regrediscono concentrazioni di inquinamento sui dati cross-sectional di dotazione fattoriali da diversi paesi rispetto a misure basate sul reddito al fine di catturare gli effetti di scala e tecnici¹³⁶. I loro risultati suggeriscono un forte legame tra le concentrazioni di abbondanza di capitale e di inquinamento anche a seguito del controllo sui redditi pro-capite, pur tuttavia non

¹³³ Mani, Muthukumara, and David Wheeler. (1998) op. cit.;

¹³⁴ Si pensi, a titolo di esempio, ai giacimenti di idrocarburi o di carbone

¹³⁵ Abdulaj, Awudu, and Linda Ramcke. "The impact of trade and economic growth on the environment: revisiting the cross-country evidence" No. 1491. Kiel working paper, 2009.

¹³⁶ Gale, Lewis R., and Jose A. Mendez. "The empirical relationship between trade, growth and the environment" International Review of Economics & Finance 7.1 (1998): 53–61.

A

riuscendo a distinguere tra gli attributi specifici per località e gli effetti di scala. Nondimeno, il loro lavoro è importante perché il forte legame tra dotazioni di fattori e l'inquinamento suggerisce un ruolo rilevante per la composizione fattoriale e nella sua capacità di influenzare la domanda di inquinamento.

Ma è con il contributo di Copeland e Taylor (2004) che viene per la prima volta utilizzato il termine Factor Endowment Hypothesis. In questa ricerca gli autori propongono un'analisi più dettagliata sui diversi tipi di inquinamento che possono essere causati, a loro volta, da diverse forze esogene e si concentrano anche sul FEH¹³⁷. Essi costruiscono un modello con due regioni: Nord e Sud. Nord è il paese ricco mentre il Sud, le cui variabili sono segnate dall'asterisco (*), è povero. In particolare, suppongono il Nord è relativamente abbondante di capitale in modo che $K/L > K^*/L^*$.

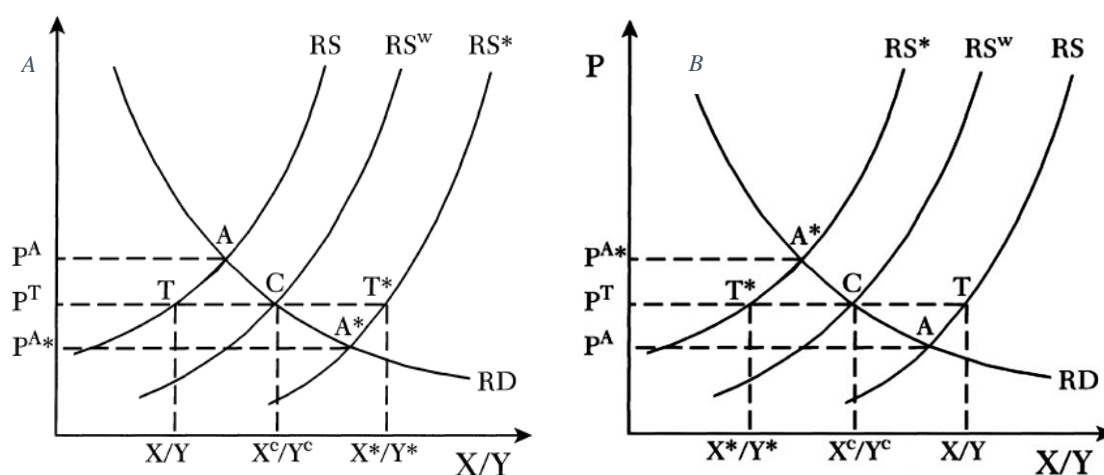


Figura 33 – PHH (A) e FEH (B) a confronto

¹³⁷ Copeland, Brian R., and M. Scott Taylor. "Trade, growth and the environment" No. w9823. National Bureau of Economic Research (2004).

Viene costruita la Curva di Domanda (RD) relativa del bene X^{138} , ovvero del bene ad alta intensità fattoriale e quindi “sporco”. Ipotizzando inoltre rendimenti di scala costanti, vengono descritte e disegnate le curve di offerta relativa (RS) dei due paesi come funzioni della dotazione di capitale. Per determinare ed isolare l’ipotesi FEH, si assume che le tasse sull’inquinamento siano identiche ed esogenamente determinate in tutti i paesi, ma che come detto, le relative dotazioni di fattori differiscano. L’offerta del bene X da parte del Nord si espande poiché il prezzo relativo del bene è minore in quest’area rispetto all’altra. Questa espansione significa un aumento del commercio che si trasforma immediatamente in aumento dell’inquinamento poiché X è il bene inquinante per definizione. La conclusione a cui giungono i due autori è che la PHH e la FEH siano l’una alternativa all’altra e che propongano due idee molto diverse circa quali siano i fattori scatenanti le emissioni (vedi Fig. 33).

Modelli Generali

La conclusione di questa review storica deve, infine, passare in rassegna le opere che negli ultimi 15 anni hanno in qualche modo tentato di dare un conclusione univoca al problema. Posti infatti di fronte al dilemma di quale scenario fosse il più realistico ed utile per comprendere i fenomeni socio-economici, nessuno era ancora riuscito a prendere una posizione netta. Sia il gruppo di studiosi che sostenevano la PHH, sia quelli che invece ritenevano più veritiera la FEH, non erano riusciti ad affermare definitivamente la propria tesi.

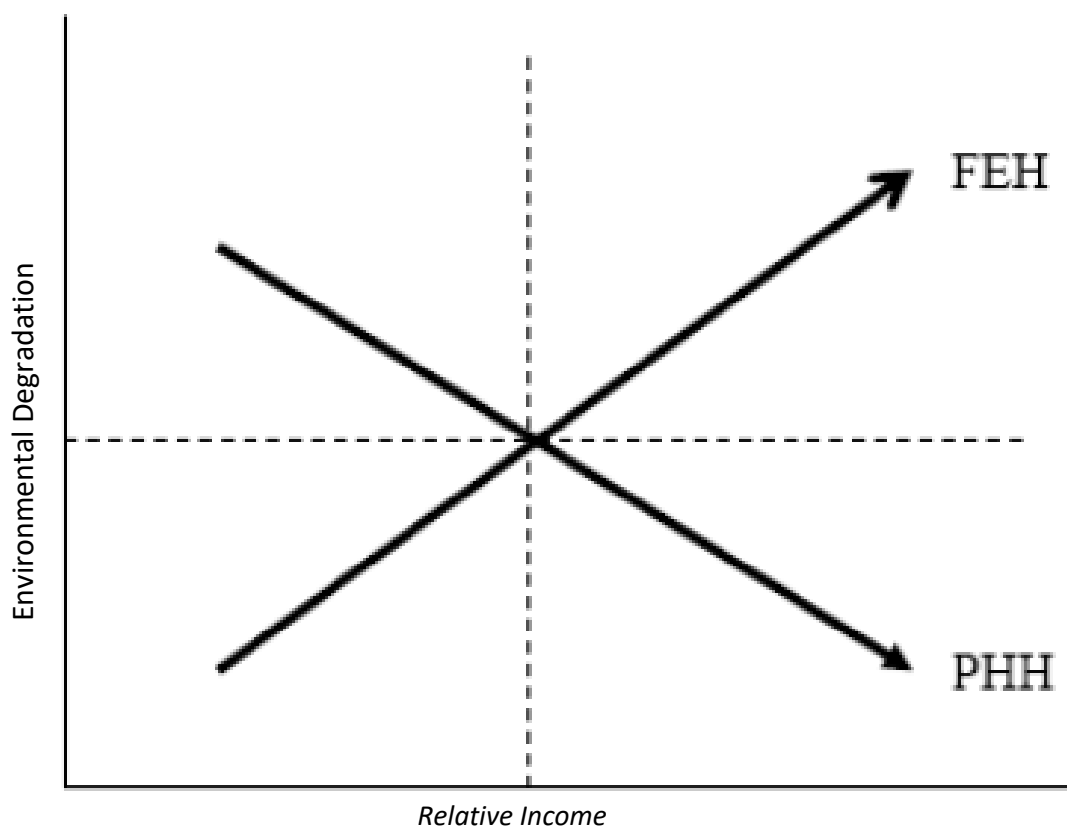
I motivi erano diversi: innanzitutto molti modelli erano econometricamente deboli. Secondo Stern (2003) è molto facile fare cattiva econometria. Poca o nessuna attenzione è stata prestata alle proprietà statistiche dei dati utilizzati, come la dipendenza seriale o i trend stocastici nelle serie temporali e troppo pochi test di

¹³⁸ Utilizzando le parole degli autori: *To construct relative demand, note that given our assumption that preferences over goods are homothetic and separable from environmental quality, the demand for X relative to Y is independent of income and can be written as $RD(p)$, where $RD'(p) < 0$.*

adeguatezza del modello sono stati effettuati o presentati. Tuttavia, uno degli scopi principali di fare econometria è quello di testare quali apparenti relazioni, o "fatti stilizzati", sono valide e quali sono invece correlazioni spurie¹³⁹.

Un altro motivo di incomprendimento dei due modelli risiede nella evidente impossibilità di individuare tutti i necessari dati. Infine è necessario sottolineare che il problema maggiore, a nostro avviso, risiede nel fatto che per troppo tempo si è ritenuto che queste due teorie fossero davvero alternative (vedi Fig. 34) quando invece esse, poste alcune ipotesi, potrebbero tranquillamente coesistere.

Figura 34 – Confronto tra PHH e FEH



¹³⁹ Stern, David I. op. cit.

Il primo testo che tenta di dare una propria soluzione al problema e che ha indubbiamente segnato la letteratura mondiale in maniera indelebile è il contributo proposto da Antweiler, Copeland e Scott (2001). Essi vogliono analizzare e scoprire se il commercio internazionale sia, e quanto, influenzato dalla dotazione di capitale. Teorizzano un modello di equilibrio tra curva di domanda di emissioni e curva di offerta, in cui le emissioni sono determinate dall'effetto Scala (la dimensione dell'economia), dall'effetto Composizione (quantità di prodotti inquinanti nel mix industriale nazionale) e dall'effetto Tecnico (l'intensità inquinante dell'industria) e provano, attraverso diverse stime, che i livelli di emissioni sono ricorsivi e la dimensione dell'economia, del real income ed il livello di tassazione sono invece settati simultaneamente¹⁴⁰.

È possibile affermare che le emissioni di agenti inquinanti nell'ambiente siano causate da un mix di forze, in parte interdipendenti, che agiscono sulla qualità e sulla quantità di tali esternalità. In particolare, il livello di tali agenti negativi in un determinato periodo di tempo t ed in un determinato contesto economico industriale ι – determinabile a sua volta come l'insieme delimitato di tutte le n industrie prese in considerazione – altro non è che un effetto diretto di tre fattori.

Il primo è Y , ovvero l'output totale che si riesce a produrre in quel determinato paese o contesto geografico, valutato in termini reali e che serve a spiegare la dimensione – anche detta scala – dell'attività economica presa in esame.

Il secondo fattore riguarda invece la tecnica di produzione, ovvero sia la capacità di ogni singola impresa i di essere più o meno inquinante, in altre parole l'effetto della scelta di sfruttare una funzione di produzione caratterizzata dall'uso di tecnologie più o meno verdi o ecosostenibili. È abbastanza chiaro che nessuno imprenditore, poiché mosso da una spinta alla razionalità ma non anche da un qualche solidarietà intergenerazionale, difficilmente modificherà il suo modus

¹⁴⁰ Antweiler, Werner, Brian R. Copeland, and M. Scott Taylor. "Is free trade good for the environment?" *The American Economic Review* (2001).

operandi sostenendo dei costi. Ciò porta inevitabilmente a concludere che il sistema di incentivi e tassazioni, collegato ad una regolamentazione altrettanto mirata, può costringere il responsabile dell'impresa a modificare i suoi piani di produzione.

Questo fattore viene individuato nella quantità di emissioni della singola impresa (tecnicamente il peso) per ogni dollaro di output prodotto ed individuato dal simbolo a_i . Il terzo ed ultimo fattore è infine rappresentato da s_i che rappresenta una misura della composizione della produzione aggregata, ovvero il peso che l'output dell'impresa i ha sull'intero ammontare dell'output totale Y .

Questo valore descrive in qualche modo, dunque, l'importanza che l'azienda in questione ha su tutto il panorama industriale ed è rilevante proprio perché se anche vi fosse una sola azienda inquinante, ma questa rappresentasse una quota non tanto di mercato – poiché questo aspetto riferisce più ad una componente commerciale – ma di prodotto molto rilevante, vi sarebbe come conseguenza diretta ed ovvia, un contesto economico ad alto rischio di inquinamento.

Le emissioni (E) sono dunque determinate da:

$$E = \sum_{i=1}^{\infty} a_i s_i Y \qquad \text{Dove } \sum_{i=1}^{\infty} s_i = 1$$

Al fine, però, di osservare come i valori delle emissioni si modifichino al variare del tempo, si dovrà procedere ad una differenziazione di tali variabili rispetto a t :

$$\hat{E} = \sum_{i=1}^n \pi_i [\hat{a}_i + \hat{s}_i] + \hat{Y} \qquad \text{Dove } \pi_i = \frac{E_i}{E}$$

Come si evince, il livello di E viene modificato, nel corso degli anni, da queste tre forze. È possibile, infine, eguagliando a zero due di esse, isolare l'effetto particolare della forza rimanente, in questo modo si riesce, infatti, a definire tre diversi modi che caratterizzano le variazioni, in positivo o in negativo, delle emissioni inquinanti:

Effetto Tecnico¹⁴¹

$$\hat{Y} = 0$$
$$\hat{S}_i = 0$$

$$\hat{E} = \sum_{i=1}^n \pi_i \hat{a}_i$$

Effetto Composizione¹⁴²

$$\hat{Y} = 0$$
$$\hat{a}_i = 0$$

$$\hat{E} = \sum_{i=1}^n \pi_i \hat{S}_i$$

Effetto Scala¹⁴³

$$\hat{a}_i = 0$$
$$\hat{S}_i = 0$$

$$\hat{E} = \hat{Y}$$

Antweiler, Copeland e Taylor scoprono che alte tasse sull'inquinamento riducono il prezzo alla produzione dei beni sporchi e modificano il mix-product riducendo la quantità prodotta di beni inquinanti. Pertanto, i paesi con elevata tassazione sull'inquinamento hanno un vantaggio relativo nella produzione di merci pulite. I paesi ricchi ed alta intensità di capitale che hanno anche una rigorosa politica ambientale sperimentano così gli effetti di compensazione sotto la liberalizzazione del commercio. Gli autori riportano una lieve correlazione positiva tra l'elasticità del commercio rispetto l'inquinamento¹⁴⁴ ed il reddito relativo, il che è coerente con le loro previsioni teoriche sotto la FEH. Sanciscono infine che se un paese ha un

¹⁴¹ Si è in presenza di una tale situazione quando, a parità di ricchezza creata e senza alcuna variazione di dimensione produttiva tra le singole imprese, si assiste ad un miglioramento tecnico, ovvero sia ad un superamento del paradigma tecnologico.

¹⁴² Tale effetto avviene quando un'economia si sposta verso produzioni, in media, più pulite. Ciò è vero perché, dato che la somma delle variazioni di s di tutte le imprese deve essere uguale a zero, delle riduzioni delle emissioni totali sono possibili solo e soltanto se il valore aggregato (E/Y) è superiore del valore inquinante della singola impresa (E_i/Y_i).

¹⁴³ Il livello di emissioni può, a certe condizioni, essere un effetto diretto, immediato e "semplice" della sola dimensione dell'attività economica tipica di un determinato contesto.

¹⁴⁴ Analizzano le concentrazioni di anidride solforosa (SO_2).

Endowment¹⁴⁵ di capitale molto alto allora, attraverso l'effetto composizione ed in particolare il commercio estero, tenderà a diventarne esportatore (proposition 3). Questa è l'equazione che stimano:

$$E_{it}^C = X'_{jkt} \alpha + Y'_{ijkt} \gamma + \varepsilon_{ijkt}$$

Dove:

$$X'_{jkt} \alpha = \alpha_0 + \alpha_1 SCAL E_{jkt} + \alpha_2 KL_{kt} + \alpha_3 INC_{kt} + \alpha_4 \psi_{kt} TI_{kt}$$

$$\varepsilon_{ijkt} = \epsilon_t + \theta_{ijk} + v_{ijkt}$$

Dove SCALE è il GDP/KM^2 , KL il rapporto capital\labour nazionale, INC è il moving average di tre anni del GNP\N laggato di un periodo, TI è l'intensità commerciale¹⁴⁶, ψ_{kt} è una misura del capital-to-labor e dell'income misurati relativamente alla media mondiale, ϵ_t è l'effetto *time-specific*, θ_{ijk} è l'effetto *site-specific*, v_{ijkt} è l'errore idiosincratico¹⁴⁷, $ijkt$ infine rappresenta la definizione del sito in considerazione e della variabile tempo.

Mukhopadhyay e Chakraborty (2005) utilizzano invece il metodo input-output (I-O framework analysis¹⁴⁸), opportunamente modificato, per verificare entrambe le ipotesi per l'India, tenendo in considerazione tre inquinanti: biossido di carbonio, biossido di zolfo e biossido di azoto (CO₂, SO₂ e NO_x)¹⁴⁹. È chiaro dai risultati che l'inquinamento correlato all'import è molto maggiore rispetto a quello connesso all'esportazione. I risultati del loro lavoro riguardano innanzitutto la PHH, poiché sostengono che la liberalizzazione della politica commerciale in India non è stata accompagnata ad un inquinamento industriale intensivo. D'altro canto l'articolo

¹⁴⁵ Nel testo ipotizzano inoltre che l'Endowment possa essere rappresentato da depositi di carbone per ogni lavoratore.

¹⁴⁶ Ovvero: (Export+Import)\GDP

¹⁴⁷ ε_{ijkt} in generale rappresenta la variabile *country-specific*.

¹⁴⁸ Hurwicz, Leonid, and Wassily Leontief. "Input-output analysis and economic structure" (1955): 626-636.

¹⁴⁹ Mukhopadhyay, K., and D. Chakraborty. "Is liberalization of trade good for the environment? Evidence from India" Asia Pac Dev J 12.1 (2005): 109-134.

supporta la FEH confermando che l'export di beni green, ovvero ad bassa intensità di capitale e alta intensità di lavoro, è maggiore dell'import. Quindi l'India guadagna in termini di emissioni dal commercio in entrambi le ipotesi. Il paper suggerisce anche diverse politiche.

Anche Temushoev (2006) usa la tecnica Input-output e analizza i livelli di emissioni di CO₂, SO₂ and NO_x¹⁵⁰. Inizialmente definisce e calcola i *conversion factors* per ogni agente inquinante, poi determina come variabile di apertura commerciale il valore *Export to import pollution ratios* in quanto proxy dell'apertura commerciale. Quello che scopre è che la PHH non è valida nel rapporto USA-China perché l'America diventa più sporca mentre la China no (mentre la PHH asserirebbe che dato che il gigante asiatico è meno regolamentato dovrebbe diventare un "haven" per l'inquinamento). Testa anche la FEH ma solo sugli Usa, per mancanza di dati, e scopre che è verificata solo nel 1997 e non anche nel 1992. L'autore giunge quindi alla conclusione che non è vera oppure che gli USA non sono un capital-abundant country (che altro non è che la critica al modello H-O di Leontief).

Dinda (2006) analizza in particolare il rapporto tra inquinamento e globalizzazione, soffermandosi sull'importanza della dotazione di capitale e dunque del vantaggio comparato. Innanzitutto descrive la PHH – e di come essa possa determinare la EKC – attraverso il fenomeno del "distancing", ovvero sia che la fascia di popolazione che gode di un livello di reddito alto tende a distanziarsi dai luoghi di creazione di inquinamento¹⁵¹. Secondo Dinda l'environmental degradation può essere spiegata "*jointly by differences in pollution policy and differences in factor endowments*" come anche da diverse forme di consumo e diverse quantità di energia richiesta. Stima diverse funzioni per i paesi OECD e non-OECD, scoprendo che la globalizzazione è più utile, nel processo di riduzione dell'inquinamento, per quei paesi già sviluppati (posizione simile alla PHH) e che avere un maggior livello di

¹⁵⁰ Temurshoev, U. "Pollution Haven Hypothesis or Factor Endowment Hypothesis: Theory and Empirical Examination for the US and China" Working Paper Series, CERGE-EI, Prague, (March 2006)

¹⁵¹ Dinda, Soumyananda. (2006), op. cit.

capital\labor ratio o un maggior livello di income (entrambi in termini relativi con il resto del mondo) può, attraverso la globalizzazione e l'apertura dei mercati, determinare meno inquinamento. Questa è la funzione che stima:

$$\begin{aligned} \ln E_{it} = & \eta_0 + \eta_1 \ln Y_{it} + (\eta_2 \ln Y_{it})^2 + \eta_3 \ln KL_{it} + (\eta_4 \ln KL_{it})^2 + \eta_5 \ln P_{it} \\ & + \zeta_6 OP_{it} + \theta_{it} + \eta_6 (RKL_{it} * OP_{it}) + \eta_7 (RKL_{it}^2 * OP_{it}) \\ & + \eta_8 (RI_{it} * OP_{it}) + \eta_9 (RI_{it}^2 * OP_{it}) + v_{it} \end{aligned}$$

In cui E rappresenta l'inquinamento, Y il real GDP pro-capite, KL è il capital\labour ratio, P rappresenta la popolazione del paese, RI e RKL rappresentano il relative Income ed il relative capital\labour ratio.

Koubi e Bernauer (2008) cercano di integrare la PHH con la FEH attraverso una comparazione del livello di Investimenti diretti esteri (simbolo della PHH) rispetto al commercio di beni (simbolo della FEH). La globalizzazione, infatti, si muove su tre canali: il commercio di beni e servizi, la mobilità dei capitali e cooperazione internazionale¹⁵². Secondo la "standard trade theory" il commercio peggiorerebbe l'ambiente in quei paesi che hanno un vantaggio comparato nella produzione di beni inquinanti, tale vantaggio può derivare dalla dotazione (FEH) o nei diversi livelli di tolleranza dell'inquinamento (PHH). Non è però da dimenticare il ruolo che ha l'Income (effetto tecnico) nel lungo periodo poiché può avere un peso maggiore degli altri effetti. Gli autori creano dunque un modello a due beni (bene inquinante e bene non-inquinante) e determinano le rispettive funzioni di domanda dei beni. Il modello mostra quindi che un paese sarà caratterizzato da PHH o da FEH in funzione dei "percorsi commerciali" (*trade pattern*) i quali dipendono essenzialmente dal rapporto tra il prezzo che il bene ha nel paese ed il suo prezzo mondiale, se il primo è superiore al secondo, il paese sarà un esportatore, viceversa sarà un importatore. Questa differenza di prezzo dipende a sua volta da: A) differenze nel consumo (poco trattate dalla letteratura), B) differenze nell'offerta del fattore produttivo (ovvero nella

¹⁵² Koubi, V., and Bernauer T. "Globalization and the environment", Proceedings of the German Development Economics Conference, Zürich (2008), No. 24

rendita r del capitale), C) differenze nella regolamentazione (sintetizzabili in differenze nella funzione di produzione). Gli autori stabiliscono che: a parità di regolamentazione, una maggiore dotazione di capitale inquinante aumenta l'inquinamento tramite il commercio estero (proposition 1) e che a parità di dotazione, una minore regolamentazione aumenta l'inquinamento tramite il commercio (proposition 2), ovvero definiscono rispettivamente la FEH e la PHH. Questa è l'equazione che stimano:

$$E_{it} = a_0 + a_1 T_{it} + a_2 I_{it} + a_3 Y_{it} + u_{it}$$

Dove E sono le emissioni inquinanti, T è il grado di apertura commerciale, I sono gli IDE (Investimenti Diretti Esteri), Y rappresenta non solo il GDP ma anche il livello di democrazia e di partecipazione a organizzazioni internazionali.

Tali modelli generali, ai quali sarebbe doveroso aggiungerne altri che negli ultimissimi anni stanno continuando in questa ricerca, rappresentano la somma totale e la conclusione di quasi cento anni di studi inerenti questa materia. Il loro valore olistico è indubbio ed evidente, poiché essi non solo mettono insieme approcci storicamente – e scientificamente – molto diversi tra loro, ma riescono a dire qualcosa di innovativo ed utile. Il messaggio finale è infatti un messaggio nuovo, che tenta di superare tutte le barriere e le problematiche sorte durante tutto il novecento. Se da una parte bisogna ammettere la contemporaneità e l'utilità di tali modelli, dall'altra è però altresì necessario riflettere sui loro limiti. Tralasciando, infatti, la problematica della congenita mancanza di dati soprattutto per paesi meno sviluppati, si ha comunque come l'impressione che ci si stia avvicinando ad una soluzione condivisibile ma che ancora non la si sia raggiunta.

La domanda: “quanto aiuti, in termini ambientali, l'essere ricchi e sviluppati” non ha ancora ricevuto una risposta completa e definitiva. L'effetto che la leva del progresso ha sulle emissioni negative e sulla qualità della vita rimane in parte ancora un mistero. Ciò che è certo, dimostrato e stimato è che ipotizzare che questo sia l'unico fattore in gioco è assolutamente una riflessione superata e, soprattutto,

sbagliata. Tutta la ricerca è concorde oggi nella necessità di trovare un modello generale che comprenda tutti i fattori che si sa essere, più o meno, legati al livello di emissioni ed al GDP. Un modello chiaro, semplice e che riunisca tutte le spinte endogene ed esogene che prendono parte a questo processo e che mostri distintamente l'importanza del *Polluting Endowment*. Questa relazione può essere oggi definita come **Modified Environmental Kuznets Curve**, ovvero sia la EKC Modificata. Una relazione che non prevede necessariamente una forma ad U-invertita ma che si concentra in modo precipuo sull'intera gamma di fattori che possono causare una variazione delle emissioni.

Facendo una breve disamina di quanto finora visto, possiamo affermare che l'importanza della disponibilità della risorse produttive all'interno dei processi economici è un tema già affrontato sin nella prima metà del secolo passato. Si è dovuto aspettare qualche decennio, però, affinché divenisse cruciale la tematica ambientale e venisse coniato il termine *Environmental Kuznets Curve* per rappresentare la relazione ad U invertita tra PIL procapite e degrado ambientale. Negli ultimi anni diverse teorie hanno tentato di dare un contributo innovativo a questo approccio, immaginando di trattare cause dell'inquinamento, oltre che il tradizionale livello reddituale anche la disponibilità degli input produttivi e, soprattutto, l'apertura commerciale internazionale che ha permesso di sfruttare questi input anche in quei contesti naturalmente meno ricchi. La EKC Modificata (MEKC) rappresenta quindi il tentativo di ampliare la variabili determinanti l'inquinamento per poterne decifrare i reali nessi di causalità. Un tentativo, questo, che inevitabilmente deve superare l'impostazione *inverted U-shape* proposta a inizio anni '90. Le conclusioni a cui gli autori più attuali giungono sono non conformi. Alcuni contributi rilevano come l'apertura commerciale danneggi, a livello ambientale, i paesi ricchi di risorse poiché attireranno (per la teoria del vantaggio comparato) nuovi input provenienti dall'esterno. Altri autori, invece, ritengono che la globalizzazione porti con sé l'accentramento delle pratiche inquinanti nei paesi più arretrati e meno

ricchi. Le due direzioni lungo le quali si sviluppa la MEKC sono, quindi, antitetiche e non si è ancora riusciti a dimostrare quale delle due sia vera e quale invece non lo sia.

Oltre alla problematica derivante dal fatto che non vi è ancora unanimità nei risultati, un'altra grande caratteristica che accumuna i papere analizzati nella survey è che difficilmente viene preso in esame il Diossido di Carbonio come agente inquinante analizzato, né mai le ricerche si sono concentrate sul CO₂ derivante dall'uso del Petrolio, ma spesso gli vengono preferiti tipi di emissioni molto generiche e comunque mai individuate, *ex ante*, in funzione della fonte di provenienza.

Probabilmente queste due caratteristiche comuni della ricerca sono in qualche modo collegate tra loro. Ovvero sia, che non è possibile trovare i fenomeni che spiegano l'inquinamento se non si individua, sin dall'inizio, in modo preciso e dettagliato l'agente inquinante in base alla causa che lo ha generato. Da qui la necessità di individuare un modello generale afferente la teoria MEKC che fosse caratterizzato da una maggiore precisione, con l'obiettivo di scoprire se siano più inclini all'inquinamento i paesi arretrati, come suggerisce la **Pollution Haven Hypothesis**, o i paesi maggiormente sviluppati, come ipotizzato dalla **Factor Endowment Hypothesis**.

Nel successivo paragrafo verrà quindi presentato un modello econometrico empirico attraverso il quale si è analizzato un ampio panel data. Forti di una survey così completa, sarà facile comprendere quali siano le dinamiche ed i processi che hanno portato alla individuazione di alcune variabili di questo modello MEKC. Saranno, successivamente, presentati i dati utilizzati ed i risultati individuati. Infine, saranno proposte alcune riflessioni, frutto dei risultati, molto innovative che probabilmente rappresentano un importante contributo per districare questo complicato insieme di teorie.

L'Analisi Econometrica

Nel precedente paragrafo è stata esposta l'ampia letteratura che nel corso degli anni si è concentrata sullo studio della **Modified Environmental Kuznets Curve**. La conclusione a cui si giunge è che nonostante i numerosi contributi in materia, non si sia ancora giunti ad una unanimità. Ciò significa che tale relazione sia errata? Assolutamente no, molto probabilmente ogni paper analizzato propone una sfaccettatura di verità. L'obiettivo che ci si pone, a questo punto, è di cercare di analizzare il problema in modo tale da trovare dei risultati che, a loro volta, permettano di superare questo impasse. L'obiettivo di questa parte della ricerca è quindi determinare quali siano quelle determinanti che influiscono sul livello di degrado ambientale ed in che misura.

Seguendo perciò la metodologia proposta da Taylor, Antweiler e Copeland (2001)¹⁵³, si proporrà un modello econometrico che si fonda sul tradizionale teorema Composition-Scale-Effect ma che rispetto alla specificazione proposta se ne distacca parzialmente, sia per la metodologia di analisi che per le proxy individuate. Non solo, infatti, l'agente inquinante è stato selezionato in modo tale da analizzare un'analisi inerente solo le esternalità del consumo di petrolio, ma anche tutti gli altri fattori sono stati scelti in funzione di una coerenza rispetto alla tematica trattata.

In questa analisi vengono definite le Emissioni Nocive con la lettera *E*. L'inquinamento è determinato dalla produzione del bene "sporco" x , ovvero sia quel bene che attraverso i processi produttivi ed il consumo che lo caratterizza tende ad emettere fattori inquinanti per l'ambiente. Il settore industriale coinvolto nella produzione ha a disposizione strumenti per ridurre questo impatto ambientale. Tale processo di riduzione delle esternalità usa le medesime intensità fattoriali delle altre attività dell'industria.

¹⁵³ Taylor, M. Scott, Werner Antweiler, and Brian R. Copeland, Op. Cit.

Se viene allocato C per l'abbattimento delle esternalità negative, allora l'output totale netto sarà:

$$x_n = x(1 - \theta)$$

Dove $\theta = \frac{x_a}{x}$ rappresenta la misura delle intensità di abbattimento, in altri termini lo sforzo per rendere la produzione più green. Ipotizzando che l'inquinamento sia proporzionale all'output e che il suo abbattimento sia un'attività caratterizzata da rendimenti costanti, allora l'inquinamento sarà dato da:

$$E = e(\theta)x$$

Dove la funzione decrescente $e(\theta)$ rappresenta le emissioni per unità di output x prodotto¹⁵⁴. Analizzando il medesimo problema ma da un punto di vista dell'interezza dell'output finale ed ipotizzando che il bene sporco x sia solo una frazione φ della produzione totale S , si può infine stabilire che:

$$E = e\varphi S$$

Che in termini logaritmici diviene:

$$\ln E = \ln S + \ln \varphi + \ln e$$

Dove:

- I. $\hat{E} = \text{Emissioni Nocive}$
- II. $\hat{S} = \text{Scala dell'Economia}$
- III. $\hat{\varphi} = \text{Mix dell'Output}$
- IV. $\hat{e} = \text{Tecniche di Produzione}$

Questi tre termini sul lato destro dell'equazione rappresentano rispettivamente l'effetto Scala, l'effetto Composizione e l'effetto Tecnico.

Se si tiene conto che l'effetto di Composizione dipende dal livello di capital/labor e dal livello interno (National) dei prezzi del bene finale, mentre l'effetto

¹⁵⁴ Attività che per quanto utile $e'(0) = -\infty$ ha comunque dei limiti fisici $e(1) > 0$.

Tecnico dipende dal livello esterno (World) dei prezzi relativi al bene finale, ma anche e soprattutto dalla apertura commerciale (\hat{O}) e dal modo in cui il paese tassa l'inquinamento (\hat{t}), ovvero:

$$\hat{\varphi} = \varepsilon_{\varphi k} \hat{k} + \varepsilon_{\varphi p} \hat{p}^N$$

$$\hat{e} = \varepsilon_{e, \frac{p}{t}} (\hat{O} + \hat{p}^W - \hat{t})$$

Allora si potrà riscrivere il livello di emissioni nella c.d. *Reduced Form*, ovvero:

$$\ln E = \beta_1 \ln S + \beta_2 \ln K + \beta_3 \ln I + \beta_4 \ln O + \beta_5 \ln T$$

Dove \hat{K} è il livello di sfruttamento del capitale inquinante¹⁵⁵, \hat{I} è il reddito pro-capite e \hat{T} è il Country Type, ovvero il modo in cui ogni paese affronta le tematiche ambientali¹⁵⁶.

La teoria sottostante l'intera ricerca è la relazione meglio conosciuta come **Modified Environmental Kuznets Curve**. Il modello funzionale implicito preso in considerazione è:

$$EMISSIONS = f(SCALE; ENDOWMENT; INCOME; OPENNESS; COUNTRYTYPE)$$

Sono state utilizzate le trasformazioni logaritmiche poiché, innanzitutto, le distribuzioni dei valori delle emissioni sembrerebbero essere log-normali ed è stato ampiamente dibattuto il fatto che la distribuzione log-normale sia più appropriata e maggiormente in grado di rappresentare gli agenti inquinanti che spesso raggiungono valori molto elevati in alcune specifiche osservazioni¹⁵⁷ e ciò si spiega facilmente con il fatto che *"the distribution of yearly summary statistics for pollution appears to be lognormal"*¹⁵⁸. In secondo luogo la quasi totalità delle stime riguardanti questo tema sono state fatte, nel corso degli ultimi trent'anni, proprio in questo modo.

¹⁵⁵ Che dipende dal rapporto Capital/Labor ma anche dai livelli dei prezzi.

¹⁵⁶ Ovvero la proporzione tra gli abitanti sensibili (green) e insensibili (brown) al problema ambientale.

¹⁵⁷ World Health Organization: *"Urban air pollution: 1973–1980"*

¹⁵⁸ World Health Organization. *"Health promotion: a discussion document on the concept and principles"*. Summary report of the Working Group on Concept and Principles of Health Promotion, Copenhagen, 9–13 July 1984

L'analisi è stata svolta, innanzitutto, su di un panel data relativo al periodo di tempo 1980–2014 e composto da 50 gruppi (paesi) uniformemente distribuiti per un totale di 1.750 osservazioni. Infine ho suddiviso ulteriormente il panel dei paesi non partecipanti all'OECD in due sotto categorie, Ho deciso di utilizzare come variabile dipendente i livelli di diossido di carbonio (CO₂) poiché è il gas serra di natura antropogenica maggiormente diffuso. Riguardo tale gas già numerosi lavori sono stati pubblicati nel corso del tempo ¹⁵⁹. Le variabili indipendenti prese in considerazione sono: GDP constant at 2005 US\$ (nel Modello definito *Y*), Per capita GNI at US Dollars (definito *I*), Oil Trade Intensity (definito con il termine *TI*), Production of Crude Oil (che è stato segnato come *K*), la dummy di appartenenza all'OPEC e alla lista dei grandi produttori (D1) e la dummy di appartenenza all'OECD (D2)

Seguendo l'impostazione già definita da Antweiler et Al.¹⁶⁰, ho infine riproposto le stime aggiungendo una dummy che esprime l'appartenenza all'OPEC e, più in generale, al gruppo dei grandi produttori ed esportatori di petrolio, come teorizzato da Cole ¹⁶¹.Viene infine utilizzato il già visto metodo "scale, technique, and composition effects"¹⁶² per comprendere l'effetto che i singoli fattori hanno sull'inquinamento quando si è in presenza di una dotazione di capitale.

Le variabili e i dati

I valori presi in considerazione sono molteplici. Innanzitutto, per quanto concerne le emissioni nocive è stato scelto il Diossido di Carbonio (CO₂). In particolare è stata selezionata quella porzione di emissioni venefiche che, in ogni paese

¹⁵⁹ Solo per citarne alcuni: Shafik and Bandopadhyay op.cit., Holtz–Eakin and Selden op.cit., Shafik op.cit. e Galeotti, Marzio, and Alessandro Lanza. "Richer and cleaner? A study on carbon dioxide emissions in developing countries" *Energy Policy* 27.10 (1999): 565–573.

¹⁶⁰ Che utilizzano la dummy della mancanza di uno stato democratico.

¹⁶¹ Cole, M. A., & Neumayer, E. 2005. "Environmental policy and the environmental Kuznets curve: can developing countries escape the detrimental consequences of economic growth?" In P. Dauvergne (Ed.), *International Handbook of Environmental Politics*: 298–318. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar.

¹⁶² Grossman, Gene M. and Krueger, Alan B. op.cit.

individuato, è stata prodotta dai processi di estrazione, ebollizione, trasporto, raffinazione e utilizzo del petrolio. Questa scelta, da una parte permette di selezionare con maggiore precisione gli effetti ricercati su di un particolarissimo *outcome*, o meglio dire su di una particolare esternalità negativa, dall'altra non provoca errori di misurazione e problematicità poiché altamente correlata con il livello di emissioni di CO2 in generale:

Table 9 – Correlazione tra livelli globali di emissioni nocive 1980–2014

	<i>Emissioni CO2 generiche</i>
<i>Emissioni CO2 da Petrolio</i>	0,97782006

Ciò significa, molto banalmente, che le emissioni di diossido di carbonio proveniente esclusivamente dal settore energetico che utilizza un particolare idrocarburo, si muove nel tempo, in modo molto simile alla misura generale di tutte le emissioni di quel gas proveniente da qualunque settore. Ciò può essere facilmente spiegato facendo una breve riflessione sull'importanza che oggi assume il petrolio non solo sull'offerta energetica globale e dei singoli stati, ma anche sui processi di inquinamento. Se, cioè, da un lato tale risorsa risulta essere la più utile ed utilizzata, dall'altro essa è anche la più dannosa. Questo paradosso permette di costruire una ricerca utilizzando il *CO2 from Oil* come la variabile dipendente del caso. In quanto misura di contaminazione ed esposizione del suddetto gas, i valori trattati sono rapportati ad una misura spaziale e, ovviamente, temporale al fine di poterli confrontare, ovvero esposizione al gas espressa in milioni di tonnellate per kilometro quadro per anno¹⁶³. Per calcolare il livello di emissioni si è utilizzata la metodologia esposta nei documenti IPCC¹⁶⁴, ovvero sia utilizzando un "fattore di emissione" come indicatore del tasso di conservazione del carbonio.

¹⁶³ Fonte: <http://www.iea.org/statistics/>

¹⁶⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change

Sul lato destro dell'equazione troviamo diverse proxy riferite alle variabili precedentemente esposte. La prima si riferisce al Gross Domestic Product, proxy della Scala dell'Economia. Questo viene calcolato utilizzando i prezzi, costanti, del 2005 come anno base e le serie temporali sono state prese direttamente dalle statistiche della World Bank¹⁶⁵, le quali vengono aggiornate periodicamente con frequenza trimestrale. Il vantaggio dell'uso di questo indicatore consiste, evidentemente, nella possibilità di evitare di soggiogare i valori stimati alle variazioni del livello dei prezzi interno a ogni singolo paese. Per questo motivo si è deciso di usare valori espressi in dollari americani per rendere tutto più paragonabile e, in secondo luogo, di utilizzare un anno di riferimento. La scelta di prendere in considerazione l'anno 2005 e non anni successivi è stata dettata da due grandi ragioni. Innanzitutto i dati caricati con anno base il 2005 sono stati già utilizzati in diverse occasioni in altre ricerche e in questo modo si è pensato di rendere la stima simile e, quindi, confrontabile, con altri testi. In secondo luogo il 2005 presenta un contesto macroeconomico internazionale ancora non degenerato a causa della crisi economica. Essendo questa ricerca finalizzata a sondare le caratteristiche e le differenze anche tra paesi sviluppati e non, si è ritenuto che usare ad esempio come anno base il 2010 avrebbe potuto "sporcare" le stime poiché temporalmente troppo vicino alla crisi finanziaria ed economica internazionale. Un valore simile, inoltre, è stato altresì utilizzato per stime minori, ovvero il tasso di crescita, espresso ovviamente con gli stessi accorgimenti del valore "a livello".

Per quanto riguarda il reddito personale, questa ricerca è stata impostata in modo tale da caricare su questo valore un importante significato, al di là delle stime stesse. Seguendo infatti la letteratura più citata e rilevante, non è sembrato corretto utilizzare il valore del GDP pro-capite, per diverse ragioni: 1) innanzitutto, come detto, gran parte della ricerca internazionale in questo ambito non utilizza questo settore, perciò al fine di rendere questa analisi più comprensibile possibile, è

¹⁶⁵ Fonte: <http://data.worldbank.org/>

sembrato giusto adattarsi alle scelte fatte in precedenza; 2) il GDP pro capite e il GDP soffrono di elevata collinearità il che li renderebbe inutilizzabili, in contemporanea, nella stessa regressione; 3) il GDP misura la ricchezza prodotta in un dato sistema economico in un certo periodo di tempo, sfortunatamente molti dei paesi analizzati sono dislocati in spazi diversi (si pensi a solo titolo di esempio alle isole di giurisdizione americana sparse nel pacifico meridionale) ma soprattutto in quasi tutti i casi il GDP viene contaminato dalla ricchezza prodotta dai residenti all'estero e non tiene conto, invece, della propensione marginale degli individui che abitano in quel paese ma che non ne sono residenti. Questo motivo si è deciso di prendere in considerazione il GNI come proxy del reddito. Il GNI, o reddito nazionale lordo, è definito come la somma del valore aggiunto da tutti i produttori che sono residenti in una nazione, più eventuali tasse di prodotto (meno sussidi) non incluse nell'output, oltre ai redditi da lavoro dipendente e redditi da capitale. Il GNI misura quindi il reddito percepito da un paese e misura l'output dai cittadini e le imprese di una particolare nazione. Esso si calcola modificando opportunamente il GDP con i profitti che le imprese percepiscono all'estero e che rimettono (inviano cioè nel proprio mercato), tutti i salari e gli stipendi che i cittadini percepiscono all'estero e che rimettono, ogni altro reddito da investimenti all'estero che imprese o famiglie percepiscono e rimettono, gli aiuti eventuali ricevuti dalla nazione ed eliminando invece i profitti che sono realizzati nella nazione da imprese non locali e rimpatriati, i salari e gli stipendi che sono percepiti da persone non indigene residenti nella nazione e rimessi, tutti i redditi da investimenti che sono percepiti da investitori esteri nella nazione e rimessi all'estero, tutti i pagamenti per aiuti all'estero effettuati dalla nazione.

Il quarto valore che prende parte a questa analisi è il c.d. Grado di Apertura Commerciale, chiara proxy del grado di Openness. Questa variabile, a differenza delle prime due (GDP e GNI per capita) che erano riferite allo sviluppo economico è riferita invece, proprio come la variabile successiva, precipuamente al settore petrolifero. Come infatti viene suggerito dalla principale letteratura, è stato necessario individuare un indice che riflettesse il livello di globalizzazione del sistema

economico. Normalmente tale indice è rappresentato dal peso percentuale che l'export totale e l'import totale hanno sul PIL. Questa impostazione non sembra, nel caso di specie, essere corretta. Il motivo è semplice, un paese può essere chiuso commercialmente ma avere un settore petrolifero molto dinamico ed aperto ai mercati internazionali, oppure può capitare che un paese sia fortemente globalizzato, per cui caratterizzato da elevati Investimenti Diretti dall'Estero e più in generale da un rapporto [export + import] rispetto al GDP molto elevato, ma poi una ridottissima apertura commerciale nel settore degli idrocarburi. Ciò può accadere perché, come detto già in diverse occasioni, questo settore è ad alto impatto strategico, per cui non segue le medesime regole degli altri settori e non di rado viene coordinato dai policy makers secondo logiche diverse. Detto tutto ciò, ci si è trovati di fronte a un problema di carattere tecnico. Quale valore utilizzare al posto della variabile "tradizionale" così eccessivamente generica? La risposta è stata quasi istantanea. Era necessario costruire un nuovo indicatore con le stesse dinamiche di fondo ma relativo, in modo esclusivo, al settore petrolifero. Il numeratore era immediato, ovvero la somma dell'export e dell'import di petrolio greggio. Il denominatore un po' più difficile. Al posto del prodotto nazionale, era necessario trovare un valore che rispecchiasse il mercato, non nella sua interezza ma solo dal punto di vista di questo idrocarburo. Si è quindi deciso di utilizzare il valore: *Offerta Totale di Petrolio*. Questo valore è preso direttamente dalle tabelle dell'International Energy Agency¹⁶⁶ ed è espresso in termini di milioni di barili giornalieri. A tal proposito è bene precisare che questo valore è costruito seguendo una certa logica. Per ottenere, infatti, un certo equilibrio nella massa globale di petrolio offerto e domandato, la Total Oil Supply comprende non solo il greggio e il NGLS¹⁶⁷, ma anche vari tipi di idrocarburi pesanti fortemente assimilabili al petrolio¹⁶⁸ ed il "gain" dei processi di raffinazione. Dal marzo 2006,

¹⁶⁶ International Energy Agency – Oil Market Report: World Oil Supply And Demand (Table 1), November 2016

¹⁶⁷ Natural Gas Liquids

¹⁶⁸ Inoltre, seppure in maniera molto limitata, risorse energetiche naturali a base di gas, carbone e rinnovabili (biocarburanti) che vengono utilizzati come equivalenti di prodotti petroliferi e sono inclusi nella definizione di domanda. Questi oli non convenzionali includono diversi idrocarburi, alcoli

anno nel quale la stima totale è stata di 2,0 mb al giorno, il greggio pesante venezuelano (l'Orinoco) è stato incluso nella categoria greggio convenzionale. Questo valore indica in modo inequivocabile quanto, all'interno di ogni singolo paese preso in considerazione e limitatamente ad ogni lasso di tempo, sia importante l'apertura commerciale rispetto all'offerta totale del prodotto. Valori molto bassi indicano che i contatti commerciali internazionale – limitatamente al settore Oil – non hanno un grande peso sulla quantità effettivamente offerta e scambiata del prodotto in quel paese. D'altra parte, valori importanti stanno a significare che, a prescindere dal livello assoluto di sfruttamento della risorsa in sé, il settore è caratterizzato da una grande apertura commerciale, nel senso che l'export e l'import assumono una rilevanza molto importante rispetto al totale. Ciò non significa, sia ben chiaro, che un paese con un grado di apertura commerciale elevato consumi necessariamente molto petrolio, significa invece solo che esistono alcune forze che spingono la produzione e la lavorazione del Crude Oil in quell'area.

Il quinto fattore considerato, proprio come il precedente, ha a che fare non tanto con l'intero assetto economico del paese in questione, quanto piuttosto con l'importanza che assume il petrolio. Era necessario, infatti, cercare e individuare un fattore che potesse indicare l'utilizzo delle proprie dotazioni di capitale ed il peso che esse assumono nel sistema di riferimento. La letteratura, come si è visto, non parlando di dotazione ma di capitale generico, basava questo indice sul capital/labor ratio, per cui valori alti indicavano processi capital intensive e viceversa. Questo era, segnatamente per questa ricerca, un problema. Infatti il rapporto K/L, nel settore Oil è abbastanza standard, essendo il livello tecnologico di per sé abbastanza standardizzato e livellato. Questo indice cioè, usato in questo modo, non avrebbe potuto dare alcuna informazione. La domanda è stata allora quale fosse il messaggio informativo che tale indice, nella letteratura più accreditata, intendeva recapitare. La

(compresi l'alcohol fuel brasiliano e quelli utilizzati ovunque nella miscelazione di benzina), il biodiesel, la produzione di petrolio sintetico canadese, l'Orimulsion venezuelana, gli scisti bituminosi, i diversi sostituti del petrolio basati sul carbone e sul gas naturale e le miscele a base metano quali l'MTBE.

risposta anche in questo caso era abbastanza chiara, questo fattore infatti era stato utilizzato come proxy della rilevanza del capitale. In un settore in cui, in termini relativi, il capitale è importante allo stesso modo a prescindere dal contesto di riferimento, il peso di K doveva essere espresso con un indicatore di scala che riflettesse la quantità in termini assoluti e non più quindi in funzione di altri fattori produttivi. La scelta ha riguardato quindi quale valore potesse assumere questo significato ed inevitabilmente la selezione è stata fatta tra tutti quei valori che avessero alcune caratteristiche: 1) Disponibilità dei dati – il punto principale, difatti, dell'intera ricerca si fonda anche sul paradossale rapporto tra l'importanza della fonte energetica rappresentata dagli idrocarburi e la difficoltà ad individuare dati precisi poiché complessi e, a volte, tenuti appositamente segreti dai governi poiché rappresentano informazioni sensibili sulle politiche energetiche, in quest'ottica l'idea deve essere quella di ottimizzare l'uso dei dati a disposizione, comprendendone il significato al di là del mero valore numerico; 2) Adeguatezza – i fattori che prendono parte in questo lavoro devono avere, per l'appunto, un valore ed un significato che ne motivano senza ombra di dubbio il loro utilizzo; 3) Confrontabilità – i valori considerati devono infine essere standard, ovvero sia essere raccolti attraverso gli stessi processi e catalogati in funzione di medesime chiavi, altrimenti non è possibile utilizzarli in panel globali. In quest'ottica il valore che meglio rispondeva a questi tre criteri è senza alcun dubbio rappresentato dal livello di estrazione di petrolio. Questo dato, infatti, riassume in sé non soltanto la quantità di input capitale immesso nel processo produttivo ma, anche, il grado di utilizzo delle centrali produttive e soprattutto esso misura, nelle analisi cross-sezionali, il grado di importanza che la dotazione di capitale (sia ben chiaro, non il capitale ma la dotazione che se ne ha di esso) ha in quel determinato sistema economico. Il dato preso quindi in considerazione è *Production of Crude Oil*¹⁶⁹ espressa in migliaia di barili giornalieri, un

¹⁶⁹ Dati raccolti trimestralmente dall'IEA – International Energy Statistics

valore che misura la quantità di petrolio greggio estratto giornalmente dai giacimenti sotterranei. Esso quindi dà una misura de:

- a) Il peso, ovvero l'importanza, che lo sfruttamento della propria dotazione di capitale svolge all'interno di ogni determinato sistema economico;
- b) Le potenzialità delle dotazioni (segnatamente delle riserve) di cui ogni paese dispone, in modo ovviamente differenziato;
- c) Le scelte di *governance* di un paese e, con esse, le caratteristiche della regolamentazione interna, essendo il livello di produzione vincolato dalle leggi di ogni stato e da standard in parte pre-definiti;
- d) La fase del ciclo di vita che ci si aspetta il mercato energetico stia per vivere, poiché variazioni della domanda prevista possono portare a variazioni nelle politiche estrattive;
- e) Legata al punto precedente, il grado di sensibilità (o per meglio dire, l'elasticità) e di reattività dell'offerta di Oil rispetto a variazioni nella domanda;
- f) La sensibilità al prezzo dei beni petroliferi e dei beni sostituti sul mercato del consumo finale;
- g) La partecipazione a cartelli di produzione in cui vengono stabilite comuni politiche di prezzo;
- h) L'importanza che assume, in ogni paese considerato, nel dibattito pubblico la salubrità ambientale (segnatamente la sensibilità alle tematiche Green);
- i) La sottoscrizione di accordi internazionali che vincolano le quantità prodotte di Crude Oil;

L'unità di misura utilizzata è il barile (bbl) che è uno standard internazionale di riferimento e corrisponde a 158.99 litri (o a 42 galloni nella misura USA) e contiene una massa di Crude Oil pari a 140 kg (ovvero 310 libbre), nel caso di specie è stata usata la misura dei *Barili al giorno* (bpd, da barrels per day) che vengono usati per esprimere la quantità di petrolio estratta da un giacimento o da uno specifico pozzo

in un giorno, oppure la quantità lavorata da un impianto di trattamento in un giorno. In alcune analisi minori è stato preso in considerazione il valore relativizzato rispetto alla dimensione, paese per paese ed anno per anno, delle riserve provate di petrolio greggio (Crude Oil Proved Reserves). Questo rapporto è una misura molto simile alla precedente ma dà, in effetti, un'informazione differente. Essa infatti indica il "grado di utilizzo" delle riserve di petrolio. Per una visione di parte di queste ulteriori analisi si rimanda all'Appendice (Capitolo V).

Sono state, inoltre, utilizzate due variabili dummy per migliorare la stima. La prima indica l'appartenenza all'OPEC e, alternativamente, alla lista dei paesi grandi produttori ed esportatori di greggio. Questa è l'organizzazione dei Paesi esportatori di petrolio (Organization of the Petroleum Exporting Countries) e, di fatto, è un cartello economico che ha l'obiettivo di negoziare con le compagnie petrolifere aspetti relativi alla produzione di petrolio, ai prezzi ed alle concessioni. Questa dummy assume valore unitario quando il paese considerato fa parte di tale organizzazione. Il problema di questa impostazione è molto chiaro. L'essere iscritto all'OPEC significa che un paese è sicuramente un grande produttore di Crude Oil, questa affermazione però non vale in senso opposto.

È evidente, infatti, come l'OPEC rappresenti di per sé un'istituzione con palesi capacità di influenzare le politiche interne ed i trade internazionali, rappresentando per altro il 78% delle riserve mondiali di petrolio ed il 41.9% della produzione totale. Ciò però ha comportato che diversi paesi, nel corso del tempo, nonostante avessero tutte le caratteristiche "di dotazione" necessarie per potervi partecipare, non siano mai stati associati a questa organizzazione. Paesi come Stati Uniti, Russia e Cina presentano ad esempio valori elevatissimi di produzione e malgrado ciò non fanno parte dell'OPEC. Sarebbe quindi stato tecnicamente inesatto utilizzare questa dummy solo per identificare i paesi iscritti a questa organizzazione ed è questo il motivo per cui il valore 1 è presente anche in quei paesi che rappresentano una quota

elevate nei barili pompate giornalmente¹⁷⁰ ovvero un livello superiore a 185 mila bpd. Il valore zero, evidentemente, è stato invece associato a tutti i paesi che non fanno parte di questa categoria.

La seconda dummy utilizzata è molto più semplice e diretta e consiste nell'assegnare il valore unitario a tutti i paesi membri dell'OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)¹⁷¹. L'idea è nata dalla necessità di trovare un indicatore che potesse riunire ed indicare non solo la ricchezza ma la fase evolutiva, o come esposto da Palier e Sykes, un modello sociale avanzato¹⁷² che fungesse da benchmark e permettesse, in ultima istanza, di individuare i paesi moderni. Una proxy del Country Type. Come è noto infatti, fanno parte di questo centro studi internazionale i paesi sviluppati aventi in comune un sistema di governo di tipo democratico ed un'economia di mercato aperta. È bene chiarire che per entrare nell'OECD non è sufficiente avere un PIL pro-capite elevato ma è necessario vi sia uno standard minimo di diritti sociali garantiti e processi democratici che determinano le forme di governo, è inoltre fondamentale che sussista una diffusa spinta, interna, verso le pratiche concorrenziali e che in qualunque caso non ci siano poteri dittatoriali o monarchici¹⁷³, prova ne sia l'esclusione dei paesi del Middle East caratterizzati da elevati redditi individuali ma da stati monarchici. L'utilizzo di questa dummy come indicatore, evidentemente, dà un contributo notevole all'analisi. Al suo interno, infatti, sono già selezionati i paesi in funzione di alcuni parametri oggettivi:

- La dimensione dell'economia sia in termini di scala che in termini di reddito procapite, questo indicatore viene costruito utilizzando il GDP con PPP (purchasing power parity) con il Geary-Khamis dollar, ovvero sia il dollaro internazionale;

¹⁷⁰ La lista ed i dati sono stati raccolti attraverso l'Annual Statistical Bulletin 2009; Fonte: <http://www.asb.opec.org>

¹⁷¹ Più nota in Italia con l'acronimo OCSE (organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico)

¹⁷² Campling, Jo. "Globalization and European welfare states: challenges and change". Eds. Mr Robert Sykes, Bruno Palier, and Pauline M. Prior. Palgrave Macmillan, 2001.

¹⁷³ <http://www.oecd.org/about/>

- L'indice di sviluppo umano (Human Development Index o HDI) costruito da Amartya Sen¹⁷⁴ in base all'aspettativa di vita e agli anni di scolarizzazione media per abitante;
- Il Fragile States Index che misura la vulnerabilità ai conflitti o ai collassi dei singoli paesi ed è pubblicato annualmente dal Fund For Peace;
- Il Rule of Law Index edito dal World Justice Project che è uno strumento di valutazione quantitativa progettato per offrire un quadro dettagliato e completo della misura in cui i paesi aderiscono, nella pratica, allo stato di diritto;
- Il Corruption Perceptions Index pubblicato ogni anno dall'organizzazione internazionale Transparency International che misura, per ogni paese, i livelli percepiti di corruzione – ovvero sia di l'abuso di potere pubblico per il bene privato – in funzione di valutazioni di esperti e sondaggi di opinione¹⁷⁵;
- L'Index of Economic Freedom è un indice, ed una conseguente classifica, creato annualmente dalla Heritage Foundation e dal Wall Street Journal dal 1995 per misurare il grado di libertà economica nelle nazioni di tutto il mondo;
- Il Global Peace Index, prodotto dall' Institute for Economics and Peace (IEP), è un tentativo di classificare le nazioni e le regioni in base a fattori che ne determinino lo stato di pacificità, o meglio l'attitudine di un determinato paese ad essere considerato pacifico;
- Il World Press Freedom Index, redatto da Reporters Without Borders (RWB), misura la libertà di stampa all'interno dei confini nazionali;

Una volta selezionate le proxy che indicano il peso delle variabili individuate dalla letteratura, si proceduto alla stima dei coefficienti.

¹⁷⁴ Sen, Amartya. *"Inequality reexamined"*. Clarendon Press, 1992.

¹⁷⁵ Transparency International (2011). *"Corruption Perceptions Index"*. Transparency International. Retrieved 1 December 2011.

Il Modello Econometrico

Al fine di rendere l'analisi più completa possibile, sono stati regrediti ed approfonditi diverse specificazioni del modello econometrico e utilizzate differenti modalità di regressione. Tutti i modelli, inoltre, sono stati stimati utilizzando il metodo Pooled OLS, Fixed Effects Panel Data e Random Effects Panel Data. Ogni modello Pooled OLS è stato ulteriormente analizzato effettuando i test di specificazione di Ramsey ed il test di White per l'eteroschedasticità. Infine su ogni modello è stato effettuato il test Breusch-Pagan ed il test di Hausman per verificare quale metodo di stima fosse migliore ed il test di Durbin Watson per l'autocorrelazione.

La stima dei parametri del modello ha lo scopo di assegnare specifici valori ai parametri (sconosciuti) del problema di interesse. La disponibilità di stime permette di quantificare la relazione di causalità fra le variabili esplicative (le proxy precedentemente descritte) e la variabile dipendente (il livello di degrado ambientale). Un metodo largamente utilizzato per la stima del modello parametrico è appunto quello dei minimi quadrati ordinari (OLS), che attribuisce ai parametri della relazione quei valori che minimizzano il quadrato delle distanze fra le osservazioni disponibili e la corrispondente retta di regressione; tali distanze sono anche dette residui. Dall'imposizione delle condizioni (necessarie) per il minimo si ottiene il sistema delle equazioni normali, dalla cui soluzione si ottengono i valori stimati. Se le cinque ipotesi di specificazione del modello classico di regressione sono vere, si dimostra¹⁷⁶ che lo stimatore OLS è BLUE (Best Linear Unbiased Estimator), vale a dire il miglior stimatore lineare corretto (non distorto), migliore perché è quello che ha varianza minima (proprietà dell'efficienza) fra tutti gli stimatori lineari e corretti. Nel modello con effetti fissi (Fixed Effects model, FE) si ipotizza che l'intercetta sia deterministica e vari da individuo a individuo oppure per individuo e nel tempo. Una alternativa al modello FE è il modello con effetti casuali (Random Effects model, RE)

¹⁷⁶ Teorema di Gauss–Markov

in cui μ_i (e/o τ_t) vengono considerate stocastiche. In particolare, si suppone che: $E(\mu_i) = 0$; $E(\mu_i^2) = \sigma_\mu^2$; $E(\mu_i; \mu_j) = 0$ (quando $i \neq j$). Ipotesi analoghe (media nulla, omoschedasticità e incorrelazione) sono formulate per gli effetti temporali τ_t ¹⁷⁷.

A questo punto, nasce spontanea la domanda: come scegliere la forma funzionale corretta? Come possiamo sapere se la semplice forma lineare sia appropriata o meno? Una possibilità è quella di partire dall'ipotesi nulla che la forma lineare è corretta e usare un procedura di test per valutare la plausibilità di questa ipotesi. È quello che fa il cosiddetto "test RESET di Ramsey". Il REgression Specification Error Test¹⁷⁸ riguarda sia la forma funzionale del modello sia la possibile omissione di variabili rilevanti. Non avendo una precisa conoscenza dell'errore di specificazione, Ramsey suggerisce di approssimarlo con qualche trasformazione della media condizionale. Nella pratica econometrica si utilizzano un certo numero di potenze dei valori calcolati della y . È necessario, infine, ricordare che il test RESET è utile perché segnala qualcosa di errato nella specificazione, non indica alternative specifiche al modello dato, si dice che sia un "test non costruttivo" e comunque non fornisce indicazioni su come agire per superare il problema.

Il test di Durbin Watson è il più usato per verificare la presenza di autocorrelazione degli errori; tramite questo test infatti è possibile verificare la presenza di correlazione nel termine di errore. Il caso più frequente è quello delle serie storiche, nella quale ogni unità statistica è osservata ripetutamente nel tempo e viene utilizzata la t come indice delle osservazioni. In questo caso, quando vi è una possibile correlazione tra ε_t e ε_{t-1} , si parla di autocorrelazione o di correlazione seriale. Ma anche in dati di tipo cross-section vi può essere correlazione tra gli errori di unità contigue. Si parla, allora, di correlazione spaziale

¹⁷⁷ Bontempi, Maria Elena, Roberto Golinelli "Panel Data Econometrics: Theory And Applications" (2006)

¹⁷⁸ Ramsey, James Bernard. "Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis" Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological) (1969): 350–371.

Il Test di White è un test di verifica dell'eteroschedasticità: riguarda una ipotesi classica in particolare $\text{Var}(\frac{\varepsilon_i}{x}) = \sigma^2, i$. Se c'è eteroschedasticità, la varianza condizionale degli errori è funzione di un insieme di variabili condizionanti e di un insieme di parametri: $\text{Var}(\frac{\varepsilon_i}{x}, W) = f(W, \delta)$. Questo test, quindi, verifica l'ipotesi nulla di varianza dei residui costante nel tempo (cioè appunto l'omoschedasticità) contro l'ipotesi di eteroschedasticità degli errori. L'applicazione di questa test si basa su una regressione ausiliaria in cui i quadrati dei residui sono la variabile dipendente mentre tra le variabili esplicative sono incluse le variabili della regressione originaria, i rispettivi quadrati e i prodotti incrociati.

Per decidere se è preferibile la stima di un modello ad effetti fissi o uno ad effetti casuali è possibile utilizzare alcune procedure di test. I più famosi sono il test di Breusch e Pagan (1980), che è uno dei test diagnostici più popolari per valutare la presenza di eteroschedasticità all'interno del modello lineare di regressione, e quello di Hausman (1978). Questo test verifica la consistenza delle stime OLS e serve a verificare l'incorrelazione delle variabile esogene con l'errore. Se viene accettata tale ipotesi allora si desume che le stime OLS sono consistenti ed efficienti

La prima specificazione stimata è anche la più semplice:

$$1) E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}TI_{ij} + \beta_{4ij}K_{ij}$$

Questa è una regressione lineare molto elementare, ripresa direttamente dalla letteratura di riferimento, che mette in relazione i singoli fattori ampiamente discussi in precedenza con il livello di emissioni nocive.

La seconda specificazione stimata è invece:

$$2) E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}TI_{ij} + \beta_{4ij}K_{ij} + \beta_{5ij}D1_{ij}$$

In questa seconda versione, si è deciso di immettere un variabile dummy per verificare quanto conti, nel processo di emissione di agenti inquinanti, l'essere o meno parte di organizzazioni che influenzano la quantità di Crude Oil da immettere

sul mercato (OPEC) o, comunque, partecipare alla produzione mondiale in quota talmente alta da influenzare gli altri stati (Big Exporters).

La terza specifica del modello è:

$$3) E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}(I_{ij})^2 + \beta_{4ij}TI_{ij} + \beta_{5ij}K_{ij} + \beta_{6ij}D1_{ij}$$

Questo terzo modello ha come obiettivo definire quanto conti l'Income per capita e la sua evoluzione nel processo di inquinamento. Questa è una funzione che si richiama, in modo evidente, alla tradizione della EKC

Infine, la quarta ed ultima specificazione che analizza il panel globale è

$$4) E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}(I_{ij})^2 + \beta_{4ij}TI_{ij} + \beta_{5ij}K_{ij} + \beta_{6ij}D1_{ij} + \beta_{7ij}D2_{ij}$$

L'ultima versione del modello proposto immette nel discorso appena fatto la dummy 2, ovvero quella riferita all'essere o meno membro dell'OECD. Questa variabile assume quindi valore unitario se il paese è "sviluppato" e spiega quanto questo sviluppo abbia effetto sull'emissioni di CO2 da petrolio.

A questo primo gruppo di stime effettuate, è necessario aggiungerne altre per rendere completa ed approfondita la ricerca. Come già descritto in precedenza, il secondo passaggio è stato suddividere i paesi afferenti l'OECD da quelli invece non membri. In questo modo è come se venisse utilizzato la dummy D2 per scindere in due panel distinti queste regressioni. Una volta scisso il panel globale in due sottocategorie, utilizzando come criterio lo **Sviluppo**, si è proceduto a stimare il modello 1) ed il modello 2) ed anche in questo caso utilizzando i metodi Pooled OLS, Panel FE e Panel RE. Questa scelta è stata dovuta alla volontà di esprimere una differenza tra i paesi ricchi, democratici e sviluppati dal punto di vista normativo e socio-politico ed i paesi che, invece, ancora non hanno raggiunto tale fase. Questa

suddivisione è già stata portata avanti in maniera efficace in numerosi studi riguardante tale ambito¹⁷⁹.

La sottocategoria dei paesi non membri dell'OECD, a questa punto, è stata ulteriormente suddivisa. Il motivo di questa ulteriore analisi deriva dalla semplice constatazione che all'interno del cluster "non membri dell'OECD" vi sono paesi molto (troppo) diversi tra loro, sia in termini di ricchezza che in termini di dotazioni di capitale (si pensi a mero titolo di esempio alle differenza tra Qatar e Tajikistan). Questa suddivisione è stata fatta quindi in funzione di un treshold ben determinato e oggettivo, come proposto da Ramcke ¹⁸⁰, ovvero paesi ad alto reddito pro-capite (superiore negli ultimi 35 anni a 5.000,00 US\$) e paesi a basso reddito (al di sotto del precedente limite). Anche per queste sub-categorie sono stati attuate le regressioni 1) e 2), poiché l'importanza dell'Income individuale viene spiegata dalla suddivisione stessa mentre la dummy OECD è inutile essendo tutti stati non membri.

¹⁷⁹ Per esempio in: Judson, Ruth A., Richard Schmalensee, and Thomas M. Stoker. "Economic development and the structure of the demand for commercial energy" *The Energy Journal* (1999): 29–57.

¹⁸⁰ Abdulaj, Awudu, and Linda Ramcke. Op. cit.

Risultati

In questo paragrafo verranno esaminati ed analizzati i risultati delle stime precedentemente presentate. Per permettere una più immediata comprensione dei valori, alcune tabelle sono state qui sintetizzate ed esposte. Per prendere visione in modo completo di tutti i risultati e di tutte le stime, si rimanda al capitolo V “Tabelle”. Per prima cosa, si osservino i valori dei coefficienti della specificazione 1) con i tre diversi metodi di stima. Inoltre, in fondo alla tabella si possono notare alcune informazioni utili.

I risultati dalla Specificazione 1), per il panel globale, mostrano in modo inequivocabile un mondo in cui la ricchezza, nelle due accezioni precedentemente esposte, gioca un ruolo chiave. Innanzitutto si può osservare come la diagnosi per modelli panel ci indichi che il metodo Pooled OLS sia migliore, per descrivere questi valori, rispetto ai metodi Panel FE e RE.

Table 10 – Specificazione 1

Var. Indipendenti	Pooled OLS	FE Panel	RE Panel
Const	-0,0527477 <i>(0,303735)</i>	3,13713*** <i>(0,288203)</i>	3,02811 *** <i>(0,32118)</i>
GDP	0,221048 *** <i>(0,0303397)</i>	-0,0185527 <i>(0,0306405)</i>	-0,0104773 <i>(0,0302325)</i>
Per Capita Income	0,0639576 *** <i>(0,0147456)</i>	0,0436381*** <i>(0,015398)</i>	0,0444292 *** <i>(0,0151831)</i>
Trade Intensity	0,19615 *** <i>(0,0172757)</i>	0,00379779 <i>(0,0145344)</i>	0,00869739 <i>(0,0144219)</i>
Crude Oil Production	0,220157 *** <i>(0,0127511)</i>	0,124685*** <i>(0,0167422)</i>	0,127891 *** <i>(0,0162251)</i>

Il panel global stimato con tale metodo, quindi, è caratterizzato da gran parte dei coefficienti di segno positivo, l'unica eccezione va fatta per la costante che però

non è significativa. Ciò significa che i valori individuati, a parità degli altri, provocano genericamente un aumento dell'inquinamento. Il p-value dei singoli valori, poi, ci permette di discernere tra quelli significativi e quelli che invece non lo sono. Il dato interessante è rappresentato anche dall'entità dell'indicatore. Se infatti si osserva la prima colonna relativa alle regressioni Pooled OLS, si nota che i valori di GDP, Trade Intensity e Crude Oil Production sono molto elevati e simili (0.221; 0.190; 0.220), il valore dell'Income per capita, invece, è ridotto (0.06). Si noti, in particolare, che il peso enorme della produzione di greggio e quello minore dell'Income individuale, sono uguali e significativi in tutte e tre i metodi di stima. Come si può spiegare questo dato? Presumibilmente esso sta a significare che a livello Global, il reddito procapite smette di essere la chiave di lettura del processo di inquinamento come teorizzato da Grossman mentre lo diventa l'Endowment.

I valori del commercio e della dotazione sono accomunati dal fatto di essere riferiti entrambi principalmente alla ricchezza di capitale fisico inquinante. Dalla lettura del panel si nota come, in termini generali, la globalizzazione comporti un aumento delle emissioni. Ciò probabilmente perché gli operatori e i vettori privati cercano opportunità di profitto e, per questo motivo, spostano il capitale greggio dove più conviene in termini fiscali e burocratici.

L'Endowment, di contro, è positivamente correlato con l'inquinamento perché è innegabile il rapporto tra la quantità di petrolio estratto e il livello di CO₂. Ciò non vuol dire però che l'essere un grande produttore di petrolio greggio abbia necessariamente l'effetto di aumentare le emissioni di CO₂. La scala dell'economia gioca un ruolo primario per spiegare le emissioni nocive, richiamando il principio alla base di questa ricerca per cui la dimensione economica spiega, insieme ad altri valori, l'inquinamento del paese. Il motivo anche qui appare semplice, la dimensione economica di un paese è un motore che trova il suo combustibile proprio nelle fonti energetiche.

È chiaro che se tali fonti generano inquinamento, elevati livelli di GDP comportano elevati livelli di concentrazioni inquinanti. Interessante è vedere cosa

succede aggiungendo ai questi stessi valori, un nuovo termine che come detto esprime, con il valore unitario, l'essere caratterizzati da un livello di Export di Crude Oil molto maggiore della media globale. I paesi, cioè, che presentano valore 1 in questa dummy, essendo membri dell'OPEC o facendo parte della lista dei Big Exporters, sono caratterizzati da una quantità di Crude Oil, in termini di riserve provate e disponibili, tale da renderli individualmente influenti nelle dinamiche di mercato.

Table 11 – Specificazione 2

Var. Indipendenti	Pooled OLS	FE Panel	RE Panel
Const	0,181398 (0,303214)	3,2947 *** (0,292118)	3,13674 *** (0,323161)
GDP	0,225862 *** (0,0301764)	-0,0162914 (0,0305719)	-0,00922412 (0,0301782)
Per Capita Income	0,0644134 *** (0,0146577)	0,0447054 *** (0,015363)	0,0452756 *** (0,0151572)
Trade Intensity	0,201174 *** (0,0172072)	0,00396567 (0,0144977)	0,0086035 (0,0143939)
Crude Oil Production	0,25372 *** (0,0146299)	0,128865 *** (0,0167564)	0,134047 *** (0,0163532)
Dummy di dotazione	-0,324 *** (0,0705319)	-0,542716 *** (0,178709)	-0,425327 *** (0,156423)

Osservando la tabella inerente la specificazione 2) non si può che cogliere l'evidente coerenza con la tabella precedente, né i segni né tantomeno l'entità dei coefficienti si è modificata. Osservando la diagnosi panel (per la quale si rimanda all'apposito capitolo) si osserva come anche in questo caso il metodo Pooled OLS sia preferibile rispetto agli altri.

Inoltre esaminando i dati nella prima colonna, si nota come tutti i valori siano positivi eccetto proprio la dummy che abbiamo immesso. Quel è il significato di questa informazione? Purtroppo il panel global indica informazioni generalizzate e quindi non permette una disamina più approfondita, quello a cui si può però

pacificamente giungere è che, a livello mondiale, avere un così elevato livello di Export legato ad una dotazione di capitale anch'essa molto elevata, non comporta un aumento delle emissioni di CO2 causate dal petrolio, ma anzi viene dimostrato che a parità di tutti gli altri fattori, questi paesi "ricchi" di capitale possano permettersi di farlo lavorare e farlo consumare altrove, venendo caratterizzati da impatti ambientali meno venefici.

Table 12 – Specificazione 3

Var. Indipendenti	Pooled OLS	FE Panel	RE Panel
Const	0,765015 (0,662401)	4,64007 *** (0,680467)	4,36779 *** (0,674011)
GDP	0,230985 *** (0,0303302)	-0,0175807 (0,0305418)	-0,00986276 (0,0301478)
Per Capita Income	-0,0792818 (0,0906211)	-0,179793 * (0,103721)	-0,159052 (0,0995275)
(Per Capita Income)²	0,00509548 (0,00509548)	0,00926652 ** (0,00423415)	0,00837756 ** (0,00403347)
Trade Intensity	0,202375 *** (0,0172152)	0,00142472 (0,00142472)	0,00629602 (0,0144162)
Crude Oil Production	0,252425 *** (0,0146452)	0,127144 *** (0,0167552)	0,132324 *** (0,0163586)
Dummy di dotazione	-0,30332 *** (0,0716636)	-0,540666 *** (0,178502)	-0,419846 *** (0,156666)

La specificazione 3) non è più lineare come le precedenti ma quadratica e mostra quindi l'importanza che assume, in questo contesto, l'evoluzione dell'Income per capita, intendendo con ciò, il modo in cui l'espansione del reddito individuale

sortisce effetti sull'inquinamento. È evidente come questa equazione si fondi, dal punto di vista teorico, proprio sulla relazione EKC già abbondantemente trattata.

Il test di Hausman indica, con adeguata chiarezza, come in questo caso sia più opportuno prendere in considerazione le stime fatte con il metodo FE Panel. L'unica evidente differenza con le stime precedenti è il segno dell'indicatore GDP che diventa negativo, però perde totalmente di significatività.

Quello che invece è possibile affermare serenamente è che qualunque metodologia di stima si prenda in considerazione, l'Income individuale mostra un effetto cangiante o, meglio, non lineare. Nel senso che, tenendo come al solito bloccati gli altri valori, si nota immediatamente come bassi valori di reddito pro-capite tenderebbero ad avere un effetto negativo sul livello di CO₂ e quindi ad essere collegabili con ambienti più salubri, mentre elevati livelli di ricchezza personale porterebbero con sé anche effetti importanti e nocivi sull'ambiente.

Prima di tutto si nota sin da subito come questo risultato sia tendenzialmente in controtendenza con la teoria più classica della EKC. Esso infatti dimostrerebbe che vi è sì una curva ma con la concavità rivolta verso l'alto. L'interpretazione di questo dato è ancora difficile e complessa, ci si può (e deve) limitare ad affermare che in termini globali, negli ultimi 35 anni, i paesi "redditualmente" più ricchi hanno vissuto aumenti delle emissioni di CO₂ derivanti dall'uso di petrolio. Perciò, tenendo per vera tutta la passata letteratura, si sarebbe portati a credere che il diossido di carbonio che proviene dall'utilizzo di questo idrocarburo, non segue le medesime regole degli altri agenti inquinanti, ma che invece tende ad accumularsi lì dove c'è una ricchezza pro-capite maggiore.

L'ultima equazione che è stata stimata e che ha riguardato il panel globale, ovvero composto da 50 diversi paesi per 35 anni periodi di tempo, altro non è che la ulteriore specificazione del modello attraverso l'inserimento di un ultimo dato. Questo nuovo valore è una dummy che assume il valore 1 quando il paese fa parte dell'OECD e valore zero nei casi contrari. L'obiettivo è, come già preannunciato,

quanto conti essere “sviluppati” nel processo di inquinamento di questo speciale agente inquinante.

Table 13 – Specificazione 4

Var. Indipendenti	Pooled OLS	FE Panel	RE Panel
Const	2,74044 *** (0,593799)	4,61774 *** (0,679866)	4,20363 *** (0,663669)
GDP	0,166493 *** (0,0270273)	-0,0251584 (0,0307308)	-0,0188522 (0,0302655)
Per Capita Income	-0,189315 ** (0,0804141)	-0,175235 * (0,10364)	-0,13706 (0,0984496)
(Per Capita Income)²	0,00354039 (0,00280919)	0,00885858 ** (0,00423449)	0,00704558 * 0,00398695
Trade Intensity	0,102655 *** (0,0159403)	0,00287699 (0,0145295)	0,00919027 (0,0144096)
Crude Oil Production	0,257903 *** (0,0129716)	0,126683 *** (0,0167398)	0,134487 *** (0,0162584)
Dummy di dotazione	-0,0178265 (0,064847)	-0,537248 *** (0,17833)	-0,358359 ** (0,151001)
Dummy di sviluppo	1,55297 *** (0,0725163)	0,27097 ** (0,131222)	0,423284 *** (0,122158)

La grande informazione che questa ultima quarta specifica consegna è riferita evidentemente alla dummy appena aggiunta. Se precedentemente si era assistito a piccoli shock derivanti dal fatto che l’averne una norma dotazione di capitale inquinante non fosse positivamente correlata all’inquinamento e che l’Income per capita invece, paradossalmente, lo fosse, per cui elevati livelli di reddito individuale tendessero ad aumentare il CO2 in circolazione, ora è possibile aggiungere una nuova conclusione, perfettamente coerente con le sorprese di cui sopra.

L'essere infatti un paese sviluppato comporta una relazione positiva – si potrebbe azzardare che sia estremamente positiva – con il livello di inquinamento da diossido di carbonio derivante da petrolio. I paesi sviluppati, che ci si aspetterebbe più “puliti” sono invece i più sporchi. Questa riflessione, che già era stata fatta aggiungendo il valore dell'Income individuale al quadrato, adesso ha una nuova, indelebile, conferma.

La seconda fase delle stime effettuate, quindi, ha avuto come criterio ed obiettivo principale quello di osservare più da vicino proprio questo fenomeno. Come è possibile ed in che senso, i paesi sviluppati sporcano di più? Come mai tutta l'enorme mole di regolamentazione non influisce sull'ambiente? Come possono i termini “moderno” e “sviluppati” essere associati a tali fenomeni di impoverimento della qualità ambientale? In definitiva, quindi, il pensiero di tanti autori circa l'evoluzione della EKC, come e perché non vale con questo gas? Il primo passaggio è stato quindi quello, come detto, di suddividere il panel global tra i paesi OECD e i paesi non OECD e ristimare le equazioni 1) e 2) (poiché la 3) e la 4) erano già, in qualche modo, incluse in questa suddivisione).

Table 14 – Specificazione 1 – paesi OECD

Var. Indipendenti	Pooled OLS	FE Panel	RE Panel
Const	0,122727 (0,59342)	2,75932 *** (0,446923)	2,66525 *** (0,526234)
GDP	0,297746 *** (0,0606625)	0,236906 *** (0,078266)	0,238024 *** (0,0760365)
Per Capita Income	0,0375185 (0,0229282)	0,062252 *** (0,0193682)	0,0624842 *** (0,0190937)
Trade Intensity	0,199506 *** (0,0276593)	0,0200277 (0,0173004)	0,0213693 (0,0172876)
Crude Oil Production	0,355536 *** (0,0220974)	0,0202002 (0,0260794)	0,0322931 (0,0256266)

Questa primo cluster analizzato, mostra inequivocabilmente come, all'interno del gruppo di paesi c.d. avanzati, tutte le variabili della teoria Scale–Technique–Composition prendono parte, in modo deleterio, alla creazione di inquinamento. Tutti i segni, in tutti i metodi di stima, appaiono positivi. Anche in questo caso, coerentemente da quanto visto primo, il reddito individuale gioca comunque un ruolo secondario rispetto agli altri. Il test F, letto congiuntamente al test di Hausman, mostra come il metodo RE Panel sia, in questo caso, più attendibile degli altri. Ciò non toglie comunque l'immagine complessiva di un gruppo di paesi le cui varianti partecipano tutte, cumulativamente e senza esclusioni, alla creazione di danni ambientali. Un mondo, quello "ricco" in questo senso, paradossale, in cui si ha tutto ma si è poveri di qualità ambientale.

Osservando inoltre la specificazione 2) riferita ai paesi OECD non si notano particolari differenze, se non il fatto che in questo caso, a differenza del panel globale, l'appartenenza al gruppo dei grandi produttori porta con sé un'amara conseguenza. Infatti questa dummy è caratterizzata da un coefficiente positivo nelle stime (in particolare nella Pooled OLS dove appare anche altamente significativo) che rende, quindi, il cluster dei paesi sviluppati caratterizzato da dinamiche diverse rispetto a quelle del resto del mondo.

Perciò l'essere partecipante al gruppo OPEC e Big Exporters era un vantaggio in termini ambientali nel precedente panel che si riferiva a tutti i paesi. Ora che la ricerca si è concentrata sui paesi OECD, che già prima dimostravano essere più inquinabili, si nota come questa Dummy sia diventata un problema. Tra i paesi sviluppati, quindi, essere OPEC significa inquinar(si) di più.

È interessante osservare cosa succede nell'altra metà del mondo, quella cioè meno sviluppata. Le altre 1155 osservazioni, infatti, si riferiscono a tutti i paesi non membri dell'OECD. Ovviamente è bene chiarire come questi paesi non siano accomunati da altro se non da questa mera esclusione da tale organizzazione.

All'interno di questo cluster, vi sono paesi molto ricchi a livello di reddito pro-capite (es: Bahrein), molto sviluppati in termini di scala dell'economia (ad es: Russia e China) e alcuni invece molto indietro da quasi tutti i punti di vista (es: Angola). Esso perciò rappresenta, in qualche modo, un grande calderone. Nonostante ciò può comunque fornire interessanti spunti di riflessione.

Table 15 – Specificazione 1 – paesi NON OECD

Var. Indipendenti	Pooled OLS	FE Panel	RE Panel
Const	2,81697 *** (0,341153)	1,45592 * (0,785619)	1,60713 * (0,653421)
GDP	0,208927 *** (0,0324442)	0,239463 * (0,128082)	0,215579 * (0,0985922)
Per Capita Income	-0,146032 *** (0,0212802)	0,0221995 (0,0204358)	0,0164212 (0,020197)
Trade Intensity	0,0593954 *** (0,0200371)	-0,017272 (0,0197969)	-0,0148443 (0,0195407)
Crude Oil Production	0,233751 *** (0,0134766)	0,142637 *** (0,0210182)	0,151165 *** (0,0198242)

Le informazioni che sin qui sono state chiare e lineari, cominciano ad infittirsi quando viene preso in esame un panel data composto da un sample di stati variegato e diversificato. È evidente, infatti, come le informazioni provenienti da questa analisi siano il risultato di una stima che ricomprende situazioni molto diverse tra loro e ciò è confermato dalla bassa significatività dei coefficienti. Il metodo Pooled OLS sembrerebbe il migliore, ma i test successivi (in particolare White e Hausman) indicano come sia invece più auspicabile utilizzare il metodo RE Panel. Ciò che si può desumere, però, dall'analisi di questi risultati è che la scala dell'economia e il livello di produzione di petrolio greggio, sicuramente partecipano alla generazione di inquinamento. I restanti valori (segnatamente il reddito individuale e l'apertura commerciale) non possono essere presi in considerazione. È però utile notare come i

segni di questi coefficienti nei metodi panel siano opposti ai segni nel metodo pooled, ciò deve portare a ritenere che non ci sia univocità nella relazione che lega questi valori.

La qualità delle informazioni non cambia se viene stimata la specificazione 2) in cui viene compresa anche la dummy di dotazione. Tutti i coefficienti non cambiano segno né entità (intesa come dimensione numerica del valore). L'aggiunta della dummy però ci porta ad un altro interessante risultato, appartenere al gruppo dei paesi con grandi dotazioni di capitale e livelli di export di Crude Oil, nei paesi non membri dell'OECD, aiuta in termini ambientali¹⁸¹.

Facendo una breve riesamina di quanto trovato finora, è possibile constatare che procedendo nella suddivisione del panel tra paesi membri dell'OECD e paesi che invece non lo sono, si nota un aspetto interessante. I paesi non afferenti l'OECD, non essendo opportunamente regolamentati, subiscono danni maggiori dall'estrazione di Crude Oil (0.151 rispetto a 0.032 dei paesi OECD) ma si comportano al contrario rispetto all'Income per capita, nel senso che tale valore assume segni negativi. Questo secondo punto potrebbe sembrare opposto rispetto alla EKC classica, ma per comprendere fino in fondo tale risultato è necessario proseguire con l'analisi.

L'apertura commerciale, sempre per i paesi non partecipanti all'OECD, infine sembra addirittura sorbire effetti benefici, cioè di riduzione delle emissioni (-0.014 rispetto a 0.021 dei paesi OECD) anche se, su questo, punto bisogna riconoscere la non significatività dei valori. Ciò porta a concludere che la ricchezza, intesa come regolamentazione, provoca una tendenza a far confluire i flussi di questo output negativo verso i paesi "moderni", seguendo il principio esposto dalla FEH¹⁸². Questa conclusione è perfettamente in linea con quanto esposto da Dinda¹⁸³, prima, e da Hu

¹⁸¹ Preme ricordare come questo valore sia riferito ad una moltitudine di paesi molto differenti tra loro.

¹⁸² Factor Endowment Hypothesis

¹⁸³ Dinda, Soumyananda. Op. cit.

e McKitrick¹⁸⁴, poi. L'aggiunta della dummy non modifica nella sostanza questa conclusione ma permette di notare un dettaglio non da poco. L'essere un grande produttore ed esportatore di petrolio, che a livello globale aveva un importante impatto riduttivo delle emissioni, a seguito di questa scissione si mostra essere ancora utile solo per i paesi non OECD, divenendo invece particolarmente positivo e quindi dannoso per l'ambiente per i paesi afferenti l'OECD. Questa ulteriore analisi deve essere letta insieme al coefficiente dell'apertura commerciale. L'essere ricchi sia nel senso reddituale che di dotazione di capitale, porta con sé inevitabilmente un aumento delle emissioni. Il limite mostrato dall'ultimo panel deve, però necessariamente essere risolto. L'obiettivo rimane quello di osservare come le diverse forme di ricchezza impattano sul processo di inquinamento ambientale. Il macro gruppo dei paesi non afferenti l'OECD è composto da paesi eterogenei dal punto di vista della ricchezza ed è questo sostanzialmente il motivo per cui esso è stato ulteriormente scomposto in due gruppi. Da un parte i paesi con elevato reddito pro-capite e dall'altra paesi invece che dimostrano avere ridotti livelli di ricchezza per abitante. In questo modo si è risolto il problema di osservare tanta diversità che porta, in modo inevitabile si potrebbe aggiungere, risultati difficilmente interpretabili.

Osservando le tabelle riguardanti i paesi non OECD con un Income individuale molto elevato, si può notare come innanzitutto secondo il test Hausman sia più corretto utilizzare il panel ad effetti fissi. Ciò che si desume facilmente, dalla specificazione 1), è che in questi paesi l'apertura commerciale e l'aumento della ricchezza individuale portano con sé un miglioramento della qualità ambientale e che perfino l'aver a disposizione enormi quantità di riserve petrolifere, equazione 3), non determini un aumento delle emissioni ma, anzi, è caratterizzato da un coefficiente negativo, risultato che è perfettamente in linea con quello riferito all'interessa dei paesi non membri dell'OECD.

¹⁸⁴ Hu, Bin, and Ross McKitrick. Op. cit.

Contestualmente, si devono osservare i risultati delle stime dei paesi che non solo non sono membri dell'OECD ma, per di più, hanno livelli di reddito individuale molto – ed in maniera costante nel tempo – ridotto. Questi paesi sono certamente i più poveri del mondo. I test indicano come anche in questo caso sia necessario osservare i dati provenienti dai panel FE. I valori così individuati disegnano un quadro molto interessante. Nei paesi meno ricchi del mondo, la scala dell'economia e l'estrazione di petrolio sono ancora, comunque, positivamente collegati con le emissioni. Il commercio con l'estero o, per essere più precisi, la globalizzazione dei processi lavorativi della risorsa Crude Oil, comporta un aumento dell'inquinamento, ciò significa che questi paesi ci “perdono” in termini di qualità ambientale a seguito dell'apertura commerciale. Anche l'appartenenza all'OPEC, o comunque l'avere a disposizione grandi riserve, sembrerebbe avere effetti negativi sull'ambiente. L'unica cosa che, invece, appare “aiutare” e, quindi giovare in termini di salubrità ambientale, continua ad essere il reddito pro-capite.

Vi sono un paio di differenze sostanziali in questa suddivisione tra paesi ad alto e basso reddito. La prima riguarda il commercio internazionale. Nei paesi ricchi il commercio aiuta, in quelli poveri l'apertura comporta invece un aumento delle emissioni. Ciò si spiega perché nel gruppo Low Income non vi è regolamentazione ma neanche avanzamento economico, per cui forze totalmente diverse da quelle viste in precedenza, fanno sì che i flussi commerciali tendano a immettere all'interno di questi paesi produzioni inquinanti, seguendo la logica della PHH¹⁸⁵ già esposta in diversi contributi¹⁸⁶.

La seconda grande differenza concerne la ricchezza individuale stessa, che è il criterio di suddivisione di questi cluster. L'aumentare dell'Income pro-capite ha un effetto positivo sull'ambiente in entrambi i casi però nei paesi più ricchi questo

¹⁸⁵ Pollution Haven Hypothesis

¹⁸⁶ Uno per tutti: Lucas, Robert EB, David Wheeler, and Hemamale Hettige. “*Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution, 1960–88*”. Vol. 1062. World Bank Publications, 1993.

effetto è molto più potente. Questa conclusione è assolutamente coerente con la classica EKC. Il dato però più interessante e generale si ha soltanto allargando l'analisi anche ai paesi OECD che momentaneamente erano rimasti esclusi.

Ciò che si nota all'istante è innanzitutto che la scala dell'economia, il GDP, per quanto sempre positivo¹⁸⁷, nei paesi non OECD triplica se non addirittura quadruplica il suo peso sulle emissioni, proprio come già osservato da Ramke e Abdulai¹⁸⁸. In secondo luogo l'Income per capita ha un andamento "ad U", nel senso che il suo effetto sulle emissioni tende a risalire fortemente quando ci si trova di fronte i paesi OECD¹⁸⁹. Ciò è perfettamente coerente con quanto analizzato da Grossman e Kruger¹⁹⁰ e da Schmalensee et al.¹⁹¹ i quali notarono che a livelli di sviluppo economico elevato, il consumo di energia nel settore trasporti aumenta drasticamente. Ciò ci porta a concludere che, come già in precedenza affermato da Cole et al.¹⁹², la EKC deve necessariamente essere contestualizzata in base al tipo di inquinamento.

L'effetto che l'apertura commerciale ha sul CO2 è altresì caratterizzato dalle medesime caratteristiche, ovvero che sia i paesi molto sviluppati che i paesi molto poveri e non regolamentati vedono aumentare i livelli di emissioni a causa della *trade intensity*, ciò si spiega con il fatto che la FEH e la PHH esistono simultaneamente e non sono alternative. La prima spinta funziona a svantaggio dei paesi molto avanzati e la seconda a svantaggio dei paesi molto sottosviluppati. Infine la dummy è perfettamente coerente con quanto detto sopra, avendo un effetto

¹⁸⁷ In piena corrispondenza con quanto stimato in: Bernauer, Thomas, and Vally Koubi. "Effects of political institutions on air quality." *Ecological economics* 68.5 (2009): 1355–1365.

¹⁸⁸ Ramke, Linda, and Awudu Abdulai. Op. cit.

¹⁸⁹ Mettendo in un'ipotetica successione i paesi Low Income NON OECD, i paesi High Income NON OECD ed infine i paesi OECD

¹⁹⁰ 38. Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. Op. cit.

¹⁹¹ Judson, Ruth A., Richard Schmalensee, and Thomas M. Stoker. Op. cit.

¹⁹² Cole, Matthew A., Anthony J. Rayner, and John M. Bates. "The environmental Kuznets curve: an empirical analysis" *Environment and development economics* 2.04 (1997): 401–416.

positivo\inquinante per i paesi OECD ma anche per i paesi Low Income Non OECD (anche se in quest'ultimo caso manca, come detto, di significatività).

Conclusioni

La conclusione alla quale si giunge osservando con attenzione le tabelle su esposte e meglio specificate nel capitolo V è abbastanza chiara anche se difficile da decifrare. Finora è stato detto che l'inquinamento, rispetto al reddito individuale, presenta un andamento prima crescente e poi decrescente. Ciò stava a significare, sempre seguendo quanto visto nella survey, che all'aumentare dello sviluppo socio-economico di un contesto le emissioni dovevano aumentare ma che queste prima o poi sarebbero ridiscese. I risultati di questa stima dimostrano invece l'esatto contrario. La **Modified Environmental Kuznets Curve** appare avere un andamento prima decrescente e poi crescente.

Se infatti si immagina tale suddivisione dei panel come un processo evolutivo, allora si possono posizionare sull'asse orizzontale le tre ipotetiche fasi di sviluppo. A sinistra i paesi NON OECD a basso reddito che rappresentano i paesi sottosviluppati, al centro i paesi NON OECD ad alto reddito che rappresentano i paesi in via di sviluppo e, infine, a destra i paesi membri dell'OECD che rappresentano i paesi sviluppati. Sistemati così. I risultati appaiono più chiari, infatti l'apertura commerciale che è stata il centro del dibattito sul tema negli ultimi vent'anni appare avere un coefficiente che prima (per i paesi arretrati) è positivo, poi diviene negativo e poi infine per i paesi sviluppati ritorna ad essere positivo. Cioè il commercio con l'estero di petrolio degrada l'ambiente sia nel caso dei paesi poveri sia nel caso dei paesi ricchi. Esso aiuta solo nell'ampio caso dei paesi a metà strada.

Ciò significa, in modo ineluttabile, che la *Factor Endowment Hypothesis* e la *Pollution Haven Hypothesis* esistono simultaneamente. Come si spiega questo fenomeno? L'intuizione è che esse siano dei fenomeni che hanno il medesimo effetto (l'inquinamento) ma causati da fattori molto diversi tra loro. L'inquinamento della

PHH, cioè dei paesi poveri, avviene perché queste economie non hanno gli anticorpi normativi e culturali per difendersi dagli Investimenti Diretti dall'Estero, i c.d. IDE. Le aziende straniere trovano cioè profittevole entrare in questi paesi e attuare lì i propri processi produttivi altamente inquinanti. Ciò accade appunto per la mancanza di regolamentazione, come dimostrato dal fatto che la Produzione di Greggio produce danni elevatissimi in questi paesi ma non in quelli ricchi. Un secondo valido motivo dell'esistenza della PHH è che i paesi poveri hanno la volontà di svilupparsi come qualunque altro paese e questi investimenti dall'estero sono il metodo più chiaro per far crescere la propria economia.

La spinta alla crescita spiega cioè questo processo, a riprova di ciò si noti che il coefficiente del GDP rispetto alle emissioni in questi paesi non solo è positivo ma anche molto elevato. Crescere, per i paesi sottosviluppati, significa quindi accettare condizioni non eco-compatibili. L'inquinamento in questo caso, è un'imposta da pagare per accedere alla fase di sviluppo successiva. Entrati nella seconda fase i paesi smettono di inquinare in quel modo e di essere dei "porti sicuri" (*haven* per l'appunto). A riprova di ciò, in questa fase l'apertura commerciale cambia segno e diviene negativa, cioè il commercio aiuta l'ambiente diminuendo le emissioni atmosferiche da petrolio.

È interessante notare che il petrolio, però, continua a creare "danno", nel senso che la Production of Crude Oil mantiene livelli elevati e positivi assolutamente in linea con quanto visto con i paesi della fase precedente. La differenza però è sostanziale. Se infatti si osserva la variabile OPEC e Big Exporters, ci si renderà subito conto che se questi paesi hanno grosse disponibilità di riserve petrolifere, smettono di essere succubi delle produzioni e vendono immediatamente il prodotto inquinante. Perciò questo panel riunisce paesi abbastanza diversi gli uni dagli altri. Si evince però che se tra questi ci sono paesi ricchi di risorse, essi in questa fase, potranno avvantaggiarsi in termini ambientali.

L'aumento però del reddito può comportare, non necessariamente, il passaggio alla terza fase. Una fase caratterizzata non solo da maggiori disponibilità medie, ma anche da uno stato di diritto laico, normative eque, democrazia e servizi pubblici diffusi. In una parola: Sviluppo. In questi paesi, la minoranza a dire il vero, il livello elevato di reddito degli abitanti ha un pessimo effetto sull'ambiente, nel senso che essi pretenderanno molto dal sistema economico. Pretenderanno, cioè, servizi e prodotti che a loro volta necessitano di elevatissimi costi in termini energetici. Persino il commercio internazionale si piega a questo fenomeno, comportando anch'esso degli scompensi ambientali. Cosa succede? Succede che essere sviluppati significa volere le cose. Queste "cose" per arrivare nella disponibilità fisica dei cittadini devono, ad esempio, essere trasportate. Ecco perché aumentano le emissioni.

Discorso speculare per le imprese. Il settore industriale, in questa fase di sviluppo, è altamente energy-related, le industrie del settore privato vogliono energia sufficiente per mantenere alto la qualità del servizio, la soddisfazione dei clienti ed il prezzo di vendita. Il settore si proietta verso l'alto e ciò richiede immancabilmente più energia.

In definitiva, i paesi sottosviluppati sporcano perché nel tentativo di crescere economicamente, accettano produzioni molto inquinanti. I paesi molto sviluppati, di contro, nel tentativo di soddisfare le crescenti necessità degli household come delle imprese, richiedono al sistema economico più energia. I primi degradano l'ambiente per crescere economicamente, i secondi lo degradano per rispondere alle aumentate pretese del sistema economico.

In entrambi i casi l'effetto è l'aumento dell'inquinamento.

CAPITOLO IV

Gli Effetti Dell'Inquinamento

Il capitolo esplora la relazione esistente a livello macroeconomico tra la produttività del lavoro e i livelli di inquinamento esistenti in un paese. L'attuale crescita della produttività del Lavoro è probabilmente la caratteristica peculiare di quella che, oggi, gli storici dell'economia chiamano "*Modern Economic Growth*". Questo fenomeno ha comportato un miglioramento, senza precedenti, degli standard di vita di quei paesi che hanno industrializzato le proprie economie prima e meglio degli altri¹⁹³. È chiaro come oggi vi sia una quasi unanimità nel ritenere che le cause generali di questo fenomeno siano a loro volta da rintracciare nel progresso tecnologico e nella maggiore accumulazione di capitale. La ricerca moderna ha anche chiarito che il capitale deve essere interpretato in senso molto ampio, in questo contesto per includere non solo la somma di tutti i beni materiali tangibili necessari per la produzione di beni e servizi, ma anche gli investimenti non tangibili che generano profitti produttivi per l'economia, in particolare il capitale umano (istruzione) e il *know-how* (ricerca e sviluppo).

Naturalmente, i progressi tecnologici e l'accumulazione di capitale sono iniziati molto tempo prima dell'avvento della rivoluzione industriale, ma come Thomas Malthus e altri pensatori del diciannovesimo secolo hanno sostenuto, tali impulsi di crescita non avevano mai provocato una continua crescita del reddito pro-capite a causa dei limiti imposti dalla scarsità delle risorse naturali o dai rendimenti decrescenti al capitale¹⁹⁴. Ancora più importante, gli impulsi alla crescita avevano portato, nel corso dei secoli passati, ad aumenti del livello sostenibile delle popolazioni che a loro volta avevano spinto verso il basso gli standard di produttività e di vita, verso cioè il livello di sussistenza, e portato la crescita della popolazione ad una battuta d'arresto¹⁹⁵. La produttività di oggi è invece spinta da diversi generi di

¹⁹³ Krugman, Paul. "*Past and prospective causes of high unemployment*" *Economic Review*—Federal Reserve Bank of Kansas City 79.4 (1994): 23.

¹⁹⁴ Malthus, Thomas Robert. "*An essay on the principle of population: or, A view of its past and present effects on human happiness*" Reeves & Turner, 1888.

¹⁹⁵ North, Douglass Cecil. "*Structure and change in economic history*" Norton, 1981.

forze, prima fra tutti un progresso tecnologico inimmaginabile¹⁹⁶. Essa, oltretutto, è probabile si comporti in modo molto simile ai c.d. beni pubblici, nel senso che i suoi benefici, in termini di sviluppo, sono sempre e inevitabilmente destinati ad essere condivisi con i paesi vicini (in senso geografico e reddituale), comportando così che ogni paese abbia enormi difficoltà a fuoriuscire dal suo “*predestined relative place*” lungo il sentiero di crescita¹⁹⁷.

La letteratura economica si è concentrata in un primo momento sullo studio della relazione tra inquinamento e stato di benessere e di salute della popolazione e solo di recente l’analisi è stata estesa agli effetti che i livelli di inquinamento generano sul sistema produttivo e quindi sui livelli di crescita dell’economia. La recente letteratura si basa esclusivamente su analisi di tipo microeconomico e sperimentale e non prende in considerazione variabili macroeconomiche in grado di influenzare la produttività. Tutti i lavori fin qui prodotti, come la rassegna delle letteratura proposta nel secondo paragrafo del capitolo ampiamente dimostra, provano che l’*Environmental Productivity Effect* (EPE) è negativo, ossia che l’inquinamento riduce il tasso di partecipazione all’output finale.

Attraverso l’utilizzo di tecniche di stima dei metodi panel l’analisi econometrica che segue si sofferma ad esaminare tale *Environmental Productivity Effect* in presenza di fattori macroeconomici in grado di influenzare la capacità dei lavoratori di partecipare alla formazione del prodotto totale. L’analisi dimostra l’esistenza dell’EPE, ovvero di una relazione solida tra l’inquinamento, da una parte, e la produttività del lavoro, dall’altra. Differentemente da quanto riportato in letteratura però, tale relazione è positiva. L’aumento di emissioni di CO2 da petrolio

¹⁹⁶ Jones, Charles I. "Was an industrial revolution inevitable? Economic growth over the very long run" *Advances in macroeconomics* 1.2 (2001).

¹⁹⁷ Baumol, William J. "Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run data show" *The American Economic Review* (1986): 1072–1085.

comporta un aumento in termini di produttività. A livello aggregato, quindi, ogni paese trae vantaggio dal degrado ambientale.

Ovviamente tale vantaggio non sarà assoluto ma dipenderà, anche in questo caso, dalla fase di sviluppo del paese considerato e dalla quantità totale di queste emissioni, poiché un inquinamento eccessivo (persino generato dall'Oil) provocherà prima o poi una riduzione della produttività. In generale però i risultati delle stime indicano chiaramente che per valori crescenti di CO2 si assisterà ad un progressivo miglioramento delle performance lavorative

Il capitolo è strutturato nel modo seguente. Dopo una breve rassegna della letteratura si procederà alla stima della relazione tra produttività ed livello di inquinamento e quindi alla discussione dei risultati ottenuti. Concluderà una breve conclusione.

Review della letteratura

In questa interessante storia, il Petrolio può assumere la veste di protagonista, o quantomeno di uno dei personaggi principali. Questa risorsa, infatti, ha influenzato così fortemente le scelte di politica economica e non solo energetica di gran parte dei paesi, sviluppati e non, nel corso degli ultimi 50 anni¹⁹⁸, che appare oggi inimmaginabile ipotizzare percorsi di crescita e sviluppo senza prenderla in considerazione. Le raffinerie, e più in generale l'intero Oil Chain, come abbiamo visto nel capitolo precedente prendono parte all'immane processo di inquinamento che ha caratterizzato in modo netto questo secolo. Questo inquinamento però – ed è in fondo questo l'obiettivo di questa ricerca – può configurarsi come un vero e proprio

¹⁹⁸ Barsky, Robert B., and Lutz Kilian. "Oil and the Macroeconomy since the 1970s" *The Journal of Economic Perspectives* 18.4 (2004): 115–134.

input produttivo, come proposto da McConnell e Bockstael¹⁹⁹. D'altro canto, valutare i benefici ed i costi di una limitazione delle emissioni del settore Oil non è in alcun modo un compito semplice e, come verificato da Barman e Bui, può comportare effetti opposti che necessariamente vanno soppesati per poter dare un giudizio di merito²⁰⁰.

Il punto di partenza necessario ("naturale" verrebbe da dire) per i modelli economici che si pongono come obiettivo di ricerca la rilevanza della qualità ambientale è il riconoscimento esplicito che gli individui possono, a tutti gli effetti, svolgere un ruolo diretto e deliberato nella generazione del proprio livello di salute e altresì possono fortemente influenzare il contesto esterno, principalmente attraverso azioni difensive e migliorative.

Partendo dal modello fondamentale di Grossman del 1972 in cui veniva definita per la prima volta la salute come un investimento²⁰¹, l'idea di base è di esaminare il problema della salubrità ambientale estendendo il modello al fine riflettere una seconda idea, ovvero quella per cui la salute può influenzare la produttività del lavoro. L'attenzione e la ricerca economica relativa agli impatti che la salute ha sul lavoro è stata generalmente inerente l'*extensive margin*, per cui patologie derivanti dall'inquinamento ridurrebbero l'offerta di lavoro²⁰² anche se, soprattutto negli ultimi anni, molti studi hanno tentato di estendere il modello per includere il margine intensivo, in cui la produttività del lavoro è influenzata tenendo

¹⁹⁹ McConnell, Kenneth E., and Nancy E. Bockstael. "Valuing the environment as a factor of production" *Handbook of environmental economics* 2 (2005): 621–669.

²⁰⁰ Berman, Eli, and Linda TM Bui. "Environmental regulation and productivity: evidence from oil refineries" *Review of Economics and Statistics* 83.3 (2001): 498–510.

²⁰¹ Grossman, Michael. "The demand for health: a theoretical and empirical investigation" NBER Books (1972).

²⁰² A tal proposito si veda: Smith, James. "Consequences and predictors of new health events" *Analyses in the Economics of Aging*. University of Chicago Press, 2005. 213–240. e McClellan, Mark B. "Health events, health insurance, and labor supply: Evidence from the health and retirement survey" *Frontiers in the Economics of Aging*. University of Chicago Press, 1998. 301–350.

l'offerta di lavoro fisso. Questa regolazione consentirebbe al modello di catturare gli effetti sulla salute più sottili²⁰³.

Le prime ricerche, ovviamente, si concentrarono sugli impatti che l'inquinamento aveva sulla salute. Queste adottavano un approccio piuttosto fatalista, ovvero che le persone, e quindi i mercati, non potevano essere a conoscenza dei livelli di inquinamento ambientali ed una volta che le emissioni venivano immesse nell'atmosfera, niente poteva più essere fatto a riguardo. A mano a mano che la consapevolezza circa gli effetti dell'inquinamento aumentava, e con essa anche la capacità di contrastarlo, questo approccio risultava sempre meno adatto. L'esposizione all'inquinamento è una variabile che può essere, infatti, modificata in una varietà di modi rendendola endogena. Il riconoscere queste cause di endogeneità ha di fatto aperto il campo a numerosissimi contributi. Ad esempio, dal momento che la qualità dell'aria è capitalizzata all'interno dei prezzi delle abitazioni²⁰⁴, gli individui con redditi più elevati tendono a trasferirsi in luoghi con una qualità dell'aria migliore. D'altro canto, le città attraggono lavoratori altamente qualificati a causa di maggiori opportunità di lavoro, ma sono anche una delle principali fonti di inquinamento. Queste stesse persone possono anche fare ulteriori investimenti nella loro salute e non potendo tenere conto di tali investimenti, le stime degli effetti dell'inquinamento risulteranno inevitabilmente imprecise. Alla luce delle preoccupazioni per quanto riguarda l'esposizione all'inquinamento come variabile endogena, gli economisti hanno impiegato una vasta gamma di tecniche sperimentali per sviluppare delle stime causali degli effetti dell'inquinamento sulla salute e il capitale umano. Tale inferenza causale fornisce stime più rilevanti ed utili per le decisioni politiche.

L'interesse delle ricerca accademica circa il tema della produttività, quindi, non è di certo nuovo. Relativamente recente è però l'insieme di studi e analisi che

²⁰³ Per una panoramica storica del problema si consiglia: Zivin, Joshua Graff, and Matthew Neidell. "Environment, health, and human capital" *Journal of Economic Literature* 51.3 (2013): 689–730.

²⁰⁴ Chay, Kenneth Y., and Michael Greenstone. "Does air quality matter? Evidence from the housing market" No. w6826. National Bureau of Economic Research, 1998.

hanno cercato di mettere in relazione questo ambito con quello ambientale. Il nesso di causalità che lega la qualità dell'ambiente esterno con il tasso di produttività degli input può infatti apparire per certi versi banale, ma di fatto poco è stato ancora detto a tal proposito. Agli inizi degli anni '80, le riflessioni sul fenomeno del surriscaldamento globale e sulle problematiche legate all'ecologia iniziano a prendere sempre più peso, fuoriuscendo a poco a poco dai piccoli – e fino ad allora ignoti – circoli ambientalisti all'interno dei quali erano state covate per decenni ed approdando prepotentemente nei centri di ricerca e nelle università. Meyer e Gomez-Ibanez, in questi anni, teorizzano che al fine di aumentare la produttività nel settore dei trasporti sarebbe stato necessario incrementare l'uso di mezzi di trasporto a minor impatto ambientale ed un minore costo in termini energetici²⁰⁵, ma è soltanto agli inizi degli anni '90 – contestualmente all'introduzione della Environmental Kuznets Curve – che viene compresa l'urgenza di misure e stime attendibili circa l'effetto che l'inquinamento ha sulle variazioni qualitative dell'output²⁰⁶. Come si può facilmente osservare, questi primi tentativi ruotavano attorno alla produttività di un settore preciso, quello dei trasporti, poiché è proprio tale settore, da un paio di secoli contraddistinto dalla combustione di combustibili fossili, a rappresentare (allora come oggi) una spinta fondamentale alla crescita economica di una nazione²⁰⁷; d'altra parte, i fattori atmosferici inquinanti determinati proprio dai trasporti, come il piombo, il mercurio, l'ozono, il monossido di carbonio (CO), il particolato (PM) e soprattutto il diossido di carbonio (CO₂), hanno contribuito a trasformazioni ambientali negative (catastrofi naturali, cambiamenti climatici,

²⁰⁵ Meyer, J.R. and Gomez-Ibanez, J.A. "Measurement and Analysis of Productivity in Transportation Industries". *New Developments in Productivity Measurement*, (1980) 293–332.

²⁰⁶ Gordon, R.J. (1992) "Productivity in the Transportation Sector in Output Measurement in the Service Sectors" University of Chicago Press, Chicago.

²⁰⁷ Rodrigue, J. P., C. Comtois, and B. Slack. "The Geography of Transport Systems 2013" New York, US: Routledge (2013).

scioglimento delle calotte polari, etc...)²⁰⁸ ed a problemi di salute in termini di malattie respiratorie e, persino, morti premature²⁰⁹.

Il problema quindi nasce, nel momento in cui ci si è resi conto che la salubrità ambientale aveva di sicuro un effetto, economicamente quantificabile, su un settore strategico e potenzialmente su moltissimi altri settori. Basti pensare che nel 2011, la US Environmental Protection Agency, attraverso indagini di disponibilità a pagare per evitare i rischi per la salute dell'inquinamento atmosferico, stima che i benefici ed i costi di aria pulita sarebbero rispettivamente 2.000 contro 66 miliardi di dollari annui nel periodo 1990–2020. La conclusione a cui giunge l'agenzia è che questi siano i risultati di una maggiore produttività e di spese sanitarie (diminuite in tendenza) causati a loro volta da un ambiente pulito²¹⁰.

Nel decennio successivo l'attenzione si focalizzò in particolare sul ruolo cruciale che K, il capitale, giocava sulla produttività totale dei fattori (ma ciò non dovrebbe in alcun modo sorprendere) e, soprattutto, sulla produttività del lavoro. Si cominciava, cioè, a sondare l'ipotesi che il grado di sfruttamento della dotazione di capitale potesse avere un peso, più o meno importante, sulla capacità della forza lavoro di partecipare alla produzione dell'output. Relazione che il più delle volte appariva positiva²¹¹. Sembra corretto però ricordare come qualche autore sostenesse che le variazioni sul livello di produttività fossero un "artefatto statistico" proprio come lo era il fatto che la tendenza, nei paesi sviluppati, verso settore service-related

²⁰⁸ The World Health Organization, *"The World Health Report 2002 – Reducing Risks, Promoting Healthy Life"*. (2002) Fonte: <http://www.who.int/whr/2002/chapter4/en/index7.html>

²⁰⁹ The World Health Organization, *"Burden of Disease from Household Air Pollution for 2012"* (2012) Fonte: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24March2014.pdf?ua=1

²¹⁰ The US Environmental Protection Agency, *"The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020"* (2011) Fonte: http://www.epa.gov/cleanairactbenefits/feb11/fullreport_rev_a.pdf

²¹¹ Stiroh, Kevin J. *"Information technology and the US productivity revival: what do the industry data say?"* FRB of New York Staff Report 115 (2001).

stesse generando incrementi nelle misurazioni di Ore Lavorate²¹². A prova di questa tesi si potrebbe in effetti far notare come l'utilizzo delle tecnologie IT abbia aumentato la flessibilità del lavoro e modificato irreversibilmente il tempo effettivo dedicato, per cui oggi ci si trova di fronte a indicatori che essendo altamente settoriali, sono caratterizzati da un denominatore fortemente sottostimato ed un valore finale della produttività, quindi, sovradimensionato. Se da una parte questo discorso appariva logico e tecnicamente coerente, contemporaneamente altri contributi indicavano, come problema principale nella misurazione della produttività, proprio il numeratore. L'idea di base, tra l'altro sostenuta proprio dal Bureau Of Labor Statistics, consisteva nel fatto che gli input (segnatamente la forza lavoro) era ben misurata ma ciò non poteva valere invece per l'output²¹³; quest'ultimo infatti soffrirebbe di gravi problemi di misurazione dovuti all'introduzione continua di nuovi beni sul mercato, alle variazioni qualitative e ad un sistema prezzi in parte inadeguato a rappresentare un sistema economico come quello moderno²¹⁴. In un mondo neoclassico l'effetto principale di un uso intensivo di capitale sulla produttività del lavoro²¹⁵ si avrebbe attraverso effetti tradizionali di *capital deepening*²¹⁶ poiché rappresenterebbe nient'altro che apparecchiature in cui le aziende investono e che hanno l'obiettivo di risollevare la produttività del lavoro²¹⁷. Il problema quindi si risolverebbe utilizzando dati relativi a singoli settori²¹⁸.

²¹² Roach, Stephen S. "No Productivity Boom for Workers" *Issues in Science and Technology*, XIV (4), Summer 1998, 49–56.

²¹³ Bureau of Labor Statistics. "Multifactor Productivity Trends, Productivity and Costs, Third Quarter 2000" USDL 00–319. November 2, (2000b).

²¹⁴ Dean, Edwin R. "The Accuracy of the BLS Productivity Measures" *Monthly Labor Review*, 1999, 24–34

²¹⁵ Baily, Martin Neil, et al. "The productivity slowdown, measurement issues, and the explosion of computer power" *Brookings papers on economic activity* 1988.2 (1988): 347–431.

²¹⁶ Stiroh, Kevin J. "Computers, Productivity, and Input Substitution" *Economic Inquiry*, April 1998, Vol. XXXVI, No. 2, 175–191.

²¹⁷ Jorgenson, Dale W. and Stiroh, Kevin J. "Computers and Growth" *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 3, No. 3–4, 1995, 295–316.

²¹⁸ Triplett, Jack E. and Barry Bosworth. "Productivity in the Services Sector" The Brookings Institution. Mimeo. January 5, 2000.

Sul tema infine occorre ricordare il contributo aziendalista²¹⁹ che, proprio in questi anni a cavallo tra il secondo e terzo millennio, riteneva invece che *“Industry capital intensity will moderate the relationship between high–performance work systems and labor productivity, with the relationship being stronger in industries having lower capital intensity”*²²⁰ andando perciò nella direzione opposta rispetto alla grande maggioranza delle stime econometriche fatte sino allora. Il problema principale però continuava ad essere la quasi assoluta mancanza di riflessioni circa il rapporto che l’inquinamento (proveniente o meno dall’uso del capitale) aveva con la produttività del sistema economico. Un primo, timido, approccio riguardava l’effetto che la regolamentazione sulle emissioni avrebbe dovuto avere sull’efficacia della produzione.

I costi economici delle normative ambientali sono stati già ampiamente dibattuti in quanto molti paesi, tra cui Unione Europea e Stati Uniti, hanno cominciato a limitare le emissioni inquinanti più di quattro decenni fa attraverso normative diverse. L’idea è sempre stata che standard ambientali più rigorosi tenderebbero ad aumentare i costi di produzione delle imprese inquinanti, il che indebolirebbe la posizione dei paesi regolamentati nei mercati internazionali e aumenterebbe infine i prezzi che devono affrontare i consumatori. Oltre ad essere un settore importante della ricerca, la questione è di notevole interesse per i policy maker. Negli ultimi anni, molti legislatori hanno sostenuto che le norme ambientali fossero "assassini di posti di lavoro" ed è stato al tal proposito stimato che la regolamentazione ambientale abbia avuto come effetto diretto una riduzione del 2.6% della misura della produttività totale dei fattori (PTF) tra le industria che emettono agenti inquinanti²²¹. Anche Conway dimostra in un noto saggio per l’OECD, che regolamentazioni troppo

²¹⁹ In particolare: Hambrick, Donald C., and Eric Abrahamson. "Assessing managerial discretion across industries: A multimethod approach" *Academy of Management Journal* 38.5 (1995): 1427–1441.

²²⁰ Datta, Deepak K., James P. Guthrie, and Patrick M. Wright. "Human resource management and labor productivity: does industry matter?" *Academy of management Journal* 48.1 (2005): 135–145.

²²¹ Greenstone, Michael, John A. List, and Chad Syverson. "The effects of environmental regulation on the competitiveness of US manufacturing" No. w18392. National Bureau of Economic Research, 2012.

stringenti possano ridurre e rallentare l'effetto della produttività²²². D'altra parte, notevoli studiosi sostengono invece che regolamenti più stringenti migliorerebbero inevitabilmente il sistema economico, comportano la crescita della produttività e costringono le imprese a razionalizzare le loro operazioni²²³. Williams, infine, ritiene che la regolamentazione che porta ad una riduzione delle emissioni inquinanti può avere due effetti diversi, essa infatti può semplicemente migliorare la salute dei lavoratori, il che è certamente positivo ma ha un effetto molto ridotto sull'economia, oppure può riferirsi esclusivamente all'aumento della produttività del lavoro, ed in questo caso vi è un effetto positivo moltiplicativo²²⁴. In generale questi studi dimostrerebbero una, seppure lieve, relazione negativa tra questi fattori ma, come si può ben capire, il rapporto tra regolamentazione ambientale e produttività è un tema di ricerca ancora, decisamente, aperto²²⁵.

Esiste una notevole produzione scientifico–accademica riguardante, però, il rapporto incestuoso che lega le emissioni nocive che vengono riversate sull'ambiente e la riduzione del livello di salute delle persone e quindi dei lavoratori²²⁶, in alcuni casi facendo notare come tale relazione sia più accentuata in paesi sottosviluppati rispetto ai paesi ricchi e regolamentati²²⁷. È questo il motivo sottostante l'affermazione secondo cui ogni sforzo finalizzato alla riduzione delle suddette

²²² Conway, Paul, et al. "Product market regulation and productivity convergence" OECD Economic Studies 2006.2 (2007): 39–76.

²²³ Porter, Michael E. "America's Green Strategy" Scientific American, 264(4), 1991, 168.

²²⁴ Williams, Robertson C. "Environmental tax interactions when pollution affects health or productivity" *Journal of Environmental Economics and Management* 44.2 (2002): 261–270.

²²⁵ Jaffe, Adam B., et al. "Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing: what does the evidence tell us?" *Journal of Economic literature* 33.1 (1995): 132–163.

²²⁶ Solo per citare i contributi più rilevanti: Dockery, Douglas W., et al. "An association between air pollution and mortality in six US cities" *New England journal of medicine* 329.24 (1993): 1753–1759.; Pope III, C. Arden, et al. "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution" *Jama – Journal of the American Medical Association*. (2002); Chay, Kenneth Y., and Michael Greenstone. "The impact of air pollution on infant mortality: evidence from geographic variation in pollution shocks induced by a recession" No. w7442. National bureau of economic research, (1999); Arceo–Gomez, Eva O., Rema Hanna, and Paulina Oliva. "Does the effect of pollution on infant mortality differ between developing and developed countries? Evidence from Mexico City" No. w18349. National Bureau of Economic Research, (2012).

²²⁷ Hanna, Rema, and Paulina Oliva. "The effect of pollution on labor supply: Evidence from a natural experiment in Mexico City." *Journal of Public Economics* 122 (2015): 68–79.

emissioni deve essere legato ad un investimento in capitale umano, ad un aumento della consapevolezza dei cittadini²²⁸ e ad una maggiore volontà di influenzare l'evoluzione economica. Questa affermazione si poggia sull'esistenza di un nesso causale tra inquinamento e *outcome* del mercato del lavoro.

Precursore di questo approccio rimane certamente Bart Ostro, che nel 1983 utilizzando dati della Health Interview Survey lavorati dal National Center for Health Statistics, per la prima volta regredì un campione di lavoratori ed il suo sotto-campione di lavoratori maschi non fumatori, con un indice che misurava la perdita del lavoro e di quantità effettiva di giorni di attività. La variabile considerata in questa analisi fu il livello di PM10 e ciò che venne scoperto fu proprio che la produttività era negativamente correlata con l'inquinamento²²⁹ e che, in particolare, il coefficiente era pari a -0.00145 . Era l'inizio di una nuova scienza, che poneva in connessione l'economia ambientale con la crescita economica. L'anno successivo Hausman et al., attraverso un modello Poisson, stimano dei risultati che *"suggest a statistically significant and quantitatively important effect of total suspended particulates on work days lost (...) a standard deviation increase in total suspended particulates is associated with approximately a ten percent increase in work days lost"*²³⁰. È stato necessario però aspettare quasi trent'anni perché il tema potesse ritornare centrale. Nel 2011, infatti, una ricerca prova ad analizzare la relazione tra i livelli di arsenico nelle acque delle reti civiche del Bangladesh e la Household Labor Supply, stimando un coefficiente negativo di -0.08 ²³¹.

²²⁸ Heyes, Anthony, Nicholas Rivers, and Soodeh Saberian. "Alerts Work! Air Quality Warnings and Cycling". No. E1502E. (2015)

²²⁹ Ostro, Bart D. "The effects of air pollution on work loss and morbidity" Journal of Environmental Economics and Management 10.4 (1983): 371–382.

²³⁰ Hausman, Jerry A., Bart D. Ostro, and David A. Wise. "Air pollution and lost work" (1984).

²³¹ Carson, Richard T., Phoebe Koundouri, and Céline Nauges. "Arsenic mitigation in Bangladesh: A household labor market approach" American Journal of Agricultural Economics 93.2 (2011): 407–414.

Environmental Productivity Effect

Fino a quel momento, la attenzione degli studiosi si era concentrata sull'*extensive margin*, ovvero sia in relazioni inquinamento–produttività dove le risposte comportamentali erano non marginali, capaci di catturare perciò solo impatti shock sul mercato del lavoro. Oggettivamente, però, sembra più logico ritenere che l'inquinamento abbia un impatto anche sull'*intensive margin* della produttività, cioè pure nei casi in cui l'offerta di lavoro rimane invariata e questa intuizione si deve a Currie e Madrian²³². Anche se la produttività dei lavoratori è un indicatore più difficile da controllare rispetto l'offerta di lavoro, questi impatti così sottili e lievi possono essere altamente pervasivi, facendo sì che anche i piccoli, singoli, effetti possano tradursi in grandi perdite di benessere se considerati dal punto di vista aggregato. È il 2012 e due studiosi della California e della Columbia University, Zivin e Neidell, propongono qualcosa di particolarmente innovativo: cercare di individuare una relazione sistemica fra queste due variabili²³³. Essi quindi creano un data set composto dai dati provenienti da una azienda agricola californiana e regrediscono i livelli di concentrazioni giornaliere di Ozono rispetto al payroll elettronico giornaliero dei dipendenti²³⁴:

$$\tilde{Q} = \beta_1^{ols} E + \beta_2^{ols} X + \varepsilon^{ols}$$

Dove \tilde{Q} rappresenta l'indice di produttività lavorativa oraria dei dipendenti dell'azienda, E il livello di emissioni nocive e X altre covariate ambientali che possono in qualche modo influenzare la produttività. Questa regressione porta con sé un risultato evidente, ovvero che un aumento di 10ppb²³⁵ nelle concentrazioni di

²³² Currie, Janet, and Brigitte C. Madrian. "Health, health insurance and the labor market." Handbook of labor economics 3 (1999): 3309–3416.

²³³ Zivin, Joshua Graff, and Matthew Neidell. "The impact of pollution on worker productivity" The American economic review 102.7 (2012): 3652–3673.

²³⁴ Che rappresenta una proxy della produttività

²³⁵ Parts Per Billion

Ozono comporta un riduzione significativa del 14.3% del tempo di lavoro (oltre 8 minuti ad ora).

Nel febbraio 2014, gli stessi autori insieme a Chang e Gross, propongono una nuova analisi, sempre inerente la produttività nel settore agricolo californiano²³⁶ questa volta però focalizzata sugli effetti delle emissioni di PM2.5 sulla produttività dei “pear packers”²³⁷:

$$\widetilde{Q}_{iT} = \beta_1 E_T + \beta_2 X_T + \delta_T + \varepsilon_T$$

Posto che tutte queste variabili sono state trattate attraverso le loro trasformazioni logaritmiche, \widetilde{Q} continua a rappresentare la produttività (questa volta calcolata come “*hourly earnings for worker i on date t*”), E_T le emissioni e X_T altre variabili²³⁸. Infine δ_T rappresenta gli effetti fissi nei trend temporali ed è certamente la maggiore novità rispetto al modello precedente. Il risultato è anche questa volta coerente con quanto affermato teoricamente, ovvero sia un aumento unitario delle emissioni di PM2.5 comporta una riduzione dei guadagni orari da lavoro (l’indice di produttività utilizzato) di 0.041\$, una perdita perciò in termini di produttività marginale del lavoro. Successivamente Lavy et al. esaminano l’impatto di inquinanti locali sulla performance degli studenti israeliani nel Bagrut (un esame di alto livello) scoprendo anche loro in modo inequivocabile che peggioramenti ambientali sotto forma di gas e particolato grezzo provoca una riduzione di -0.46 nei test score²³⁹.

Nel novembre del 2014, Adhvaryu, Kala e Nyshadham trasportano questa analisi a migliaia di chilometri di distanza, cercando di sondare la relazione tra

²³⁶ Per precisione nel processo di raccolta frutta

²³⁷ Chang, Tom, et al. “*Particulate pollution and the productivity of pear packers*” No. w19944. National Bureau of Economic Research, 2014.

²³⁸ Velocità giornaliera del vento, una funzione quadratica della temperatura, il punto di rugiada, la presenza di pioggia, la radiazione solare e l’ozono

²³⁹ Lavy, Victor, Avraham Ebenstein, and Sefi Roth. “*The impact of short term exposure to ambient air pollution on cognitive performance and human capital formation*”. No. w20648. National Bureau of Economic Research, (2014).

emissioni e produttività in una fabbrica di indumenti indiana²⁴⁰. Questo approccio risulta interessante proprio per le caratteristiche del paese asiatico, contraddistinto negativamente da elevati livelli di inquinamento ma anche da tassi di crescita dell'economia molto positivi. Inoltre è importante constatare come il processo di sviluppo economico comporti inevitabilmente la transizione delle economie dall'agricoltura verso la produzione ed altri settori affini. Questo vale per gran parte del mondo in via di sviluppo: il lavoro, cioè, si sta spostando costantemente dall'agricoltura al lavoro industriale²⁴¹.

$$\widetilde{Q}_{ihdm} = \beta_0 + \beta_1 E_{fhdm}^F + \beta_2 E_{fhdm}^C + \delta_h + \delta_m + \delta_d + \varepsilon_{ihdm}$$

In questa nuova regressione, la variabile dipendente rappresenta l'efficienza oraria del lavoratore i (che è l'indice di produttività utilizzata dagli autori), E_{fhdm}^F ed E_{fhdm}^C rappresentano rispettivamente le emissioni di particolato fine (di un diametro minore di 0.1 micrometri) e di particolato grezzo (diametro superiore a 2.5 micrometri) al piano f nell'ora h del giorno d nel mese m ; i valori δ rappresentano infine gli effetti fissi dei trend temporali. Gli autori calcolano e stimano quindi β_1 e trovano un valore di -0.03 che rappresenta la perdita di produttività che le emissioni di PM0.1 hanno nel settore manifatturiero indiano (o più specificatamente nel caso preso in considerazione).

Nel gennaio 2015, attraverso la metodologia input-output, Choi e Roberts – seguendo l'impostazione degli anni '80 – riescono a dimostrare che l'industria statunitense del trasporto merci non trae giovamento dalle emissioni. In modo particolare gli autori dimostrano che il settore del trasporto aereo non aumenta effettivamente la produttività a seguito di una riduzione dell'inquinamento atmosferico e che, soprattutto, l'industria del trasporto su gomma pesante (truck)

²⁴⁰ Adhvaryu, Achyuta, Namrata Kala, and Anant Nyshadham. "Management and shocks to worker productivity: evidence from air pollution exposure in an Indian garment factory". Working Paper, 2014.

²⁴¹ World Bank, D. P. G. (2012). "World Development Indicators 2012". World Bank Publications.

crebbe positivamente con una riduzione di almeno una delle sostanze inquinanti studiate (monossido di carbonio e particolato) nel periodo 2008–2011²⁴².

Come si può ben notare, segnata la strada principale, il percorso di ricerca era diventato chiaro. Qualche mese più tardi, nell'aprile del 2015 Lichter et al. propongono una nuova analisi che ha come obiettivo quello di misurare l'Environmental Productivity effect in un settore diverso, quello sportivo. In particolare questi autori decidono di concentrarsi sulla produttività dei calciatori che militano nel campionato tedesco nel periodo tra il 1999 e il 2011²⁴³. Questa scelta sicuramente coraggiosa è comunque coerente con il report dell'Agenzia Europea per l'Ambiente che ha stimato che tra i vari paesi dell'Unione, le emissioni nocive provocano annualmente danni economici per un valore che oscilla tra i 69 e i 200 miliardi di euro²⁴⁴. Gli autori, in questo paper, decidono di analizzare 2956 partite della bundesliga²⁴⁵ giocate in 32 diversi stadi:

$$\widetilde{Q}_{im} = \beta_0 + \beta_1 E_m + \beta_2 OZ_m + \beta_3 G_{im} + \beta_4 \delta_m + \delta_t \delta_s + \varepsilon_{im}$$

La misura \widetilde{Q}_{im} – ovviamente log trasformata – della produttività viene definita dal numero di palloni passati da ogni giocatore i per ogni partita m (indice di Produttività a sua volta già utilizzato dalla *Deltratre*, società che si occupa di valutazione della produttività dei calciatori). La misura delle emissioni è data dal livello di PM10 (variabile E_m) e di OZONO (variabile OZ_m) nel raggio di 10 chilometri da ogni stadio. G_{im} indica le caratteristiche individuali dei singoli giocatori che possono influire sulla produttività. Infine le variabili δ indicano i trend temporali. Le

²⁴² Choi, Jaesung, and David C. Roberts. "Impacts of Air Pollution on Productivity Growth in the Air and Truck Transportation Industries in the US: an Application of the Data Envelopment Analysis Malmquist Environmental Productivity Index" *Open Journal of Social Sciences* 3.02 (2015): 120.

²⁴³ Lichter, Andreas, Nico Pestel, and Eric Sommer. "Productivity Effects of Air Pollution: Evidence from Professional Soccer" (2015).

²⁴⁴ EEA European Environment Agency "Air Quality in Europe – 2014 Report". EEA Report No. 5/2014. EEA (2014a).; EEA European Environment Agency "Costs of Air Pollution from European Industrial Facilities 2008" (2014b)

²⁴⁵ Il campionato di calcio professionista tedesco

regressioni proposte sono diverse (Pooled OLS, Fixed Effects Lineare, Fixed Effects quadratico, etc..) ma tutte caratterizzate da un coefficiente di PM10 compreso tra -0.015 e -0.020

I l 2016 si apre, nel mese di Febbraio, con la pubblicazione di un testo redatto da Aragon, Miranda e Oliva che tratta della relazione tra emissioni di PM2.5 e produttività dei lavoratori in età adulta nella città di Lima in Perù²⁴⁶. In questa ricerca gli autori si concentrano sulle ore lavorate, all'interno di nuclei familiari, cercando in qualche modo di differenziarne gli effetti nel caso in cui vi siano persone ad alta suscettibilità agli inquinanti (bambini ed anziani) rispetto al caso in cui non ce ne siano:

$$\widetilde{Q}_{i,j,t} = \beta_j + \beta_1 E_{j,t-1} + \beta_2 X_{i,j,t} + \varepsilon_{i,j,t}$$

In questa regressione $\widetilde{Q}_{i,j,t}$ rappresenta il livello di ore lavorate dall'individuo i , nel nucleo familiare j nella settimana t , il livello di emissioni è evidentemente laggato di una settimana. $X_{i,j,t}$ rappresenta, come al solito, diverse variabili di controllo del tempo meteorologico e degli individui stessi. I risultati mostrano chiaramente una forte relazione. Nei nuclei familiari senza persone – al proprio interno – ad alto rischio, una riduzione minima delle emissioni nocive comporta un aumento di 1.9 ore settimanali di lavoro per gli individui. Nei nuclei con componenti critici invece, l'aumento delle ore lavorate a fronte di una riduzione di PM2.5 è addirittura di 7 ore a settimana.

Nel giugno del 2016, l'ormai noto gruppo di Chang et al., decide di analizzare l'effetto dell'inquinamento sulla produttività dei lavoratori di due differenti call center in Cina tra il 2010 e il 2012²⁴⁷. L'occasione è particolarmente interessante poiché, solo in questo modo, è possibile determinare valori precisi ed effettivi della

²⁴⁶ Aragon, Fernando, Juan Jose Miranda, and Paulina Oliva. "Particulate matter and labor supply: evidence from Peru" No. dp16-01. 2016.

²⁴⁷ Chang, Tom, et al. "The Effect of Pollution on Worker Productivity: Evidence from Call-Center Workers in China" No. w22328. National Bureau of Economic Research, 2016.

produttività del fattore lavoro. Oltretutto, questa analisi ha di innovativo il fatto che si rivolga a lavoratori che hanno un ruolo non altamente “fisico” all’interno dei processi lavorativi.

$$\widehat{Q}_{i,j,t} = \beta_1 E_{j,t} + \beta_2 X_{j,t} + \delta_t + \delta_i + \varepsilon_{i,j,t}$$

I valori della produttività $\widehat{Q}_{i,j,t}$ sono estrapolati direttamente dai dati della società in questione (la CTRIP International, agenzia viaggi leader in Cina) e prendono in considerazione quella porzione di salario che viene conteggiata in funzione del numero di chiamate fatte ed il numero di giorni che si viene a lavoro. Essi si riferiscono ovviamente al lavoratore i , alla città j e al tempo t . I dati sull’inquinamento, $E_{j,t}$, provengono dal CNEMC²⁴⁸ e si basano sull’indice API (*Average Pollution Index*). I valori di $X_{j,t}$ riguardano le componenti metereologiche e i valori espressi da δ_t e δ_j riguardano invece i trend temporali e gli effetti fissi specifici dei singoli lavoratori. I risultati, anche in questo caso, dimostrano che vi è una relazione negativa, poiché all’aumentare delle emissioni il livello di produttività si riduce del 0.04% (nei modelli lineari) e dello 0.13% nei modelli quadratici quando le emissioni diventano particolarmente elevate.

Dopo poco tempo, nell’agosto del 2016, due diversi gruppi di lavoro, il primo dell’Università di Ottawa mentre il secondo dell’Università dell’Illinois, propongono due studi separati ma inerenti il medesimo problema. Archsmith et al. propongono una ricerca rivolta sempre al settore sportivo. In questa nuova analisi il focus è incentrato sulla produttività degli arbitri nel maggiore campionato nord-americano di baseball, la Major League Baseball (MLB), e di come i livelli di particolato grezzo e monossido di carbonio possano peggiorare le scelte fatte da questi ultimi in campo²⁴⁹. Su un campione totale di oltre 300 mila osservazioni ed una regressione a effetti fissi, gli autori trovano un coefficiente sempre negativo e altamente

²⁴⁸ China National Environmental Monitoring Center

²⁴⁹ Archsmith, James, Anthony Heyes, and Soodeh Saberian. "Air Quality and Error Quantity: Pollution and Performance in a High-skilled, Quality-focused Occupation" (2016).

significativo che si attesta su livelli compresi tra -0.9% e -3.7% . Nello stesso periodo, Borgschulte et al. propongono una ricerca finalizzata a determinare quale sia – e se vi sia – l’effetto che i fumi da incendi boschivi negli Stati Uniti hanno sul lavoro, sulla produttività e, quindi, sulla profittabilità del fattore L:

$$\widetilde{Q}_{z,t} = \beta_0 + \beta_1 E_{z,t} + \beta_2 X_{z,t} + \beta_3 Y_t + \varepsilon_{i,j,t}$$

In questa regressione $\widetilde{Q}_{z,t}$ identifica i valori log–trasformati dei salari individuali, pesati in funzione del lavoro effettuato, dei lavoratori generici operanti nell’area z nel tempo t . Le emissioni sono rivolte ai diversi tipi di gas che fuoriescono normalmente dagli incendi (PM grezzo e fine, monossido di carbonio, etc...), Y rappresenta la variabile anno, perciò il trend temporale. Il β_1 così calcolato è sempre significativo ed ha un valore compreso tra -0.10 e -0.19 ²⁵⁰.

Nell’Ottobre 2016, ulteriori due gruppi di ricerca ben distinti, portano avanti analisi destinate a prendere parte a questo dibattito. Heyes et al., propongono un’innovativa quanto insolita analisi che tenta di determinare la relazione che vi è tra l’esposizione a particolato fine e la qualità dei discorsi in aula da parte dei parlamentari canadesi²⁵¹:

$$\widetilde{Q}_{i,j,t} = \beta_1 Dummy_t + \beta_2 X_{i,t} + \gamma_i + \delta_s + \delta_d + \delta_m + \varepsilon_{i,j,t}$$

$\widetilde{Q}_{i,j,t}$ rappresenta, come al solito, la misura della produttività del parlamentare i al tempo t e relativamente allo *speech* j , in questo caso tale valore è dato dall’indice di complessità di Flesch–Kincaid, che misura il livello qualitativo di un discorso. $Dummy_t$ è una variabile che riflette se quel giorno in particolare è stato un giorno ad “elevato inquinamento”; δ_s , δ_d e δ_m rappresentano gli effetti fissi della season, del giorno della settimana e del mese. γ_i sono le caratteristiche individuali

²⁵⁰ Borgschulte, Mark, and David Molitor. "Labor Market and Program Participation Impacts of Health and Productivity Shocks: Evidence from Forest Fire Smoke" (2016).

²⁵¹ Heyes, Anthony, Nicholas Rivers, and Brandon Schaufele. "Politicians, Pollution and Performance in the Workplace: The Effect of PMs on MPs" (2016).

del parlamentare. $X_{i,t}$ infine rappresenta gli effetti metereologici che possono altresì influire sulla variabile dipendente. Il risultato a cui essi giungono è che nei giorni fortemente inquinati, cioè con elevati tassi di emissioni nell'aria ben al di sopra dei livelli standard consentiti, il livello di complessità dei discorsi – e quindi la produttività – dei parlamentari si riduce del 3.1%.

Un gruppo di ricercatori di Singapore, contemporaneamente, attua uno studio incentrato su due diverse imprese manifatturiere cinesi situate entrambe in distretti industriali altamente inquinati. La grande novità di questo studio è che la variabile dipendente è indicata dall'output giornaliero per lavoratore e non più dalle ore lavorate²⁵². Essi si concentrano su PM2.5 e su SO2 e trovano che non vi è alcun effetto sulla produttività. Essi quindi decidono di modificare alcuni valori, inserendo dei lag di 30 giorni:

$$\widetilde{Q}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 E_t + \beta_2 X_{i,t} + \delta_t + \delta_i + \varepsilon_{i,j,t}$$

Dove $\widetilde{Q}_{i,t}$ rappresenta l'output giornaliero per worker condizionato alla scelta di essere venuto a lavorare. $X_{i,t}$ sono le variabili di controllo giornaliero per lavoratore, tra le quali anche la composizione del prodotto in questione, il numero di prodotti in generale lavorati e la quantità di impianti e macchinari all'interno della location produttiva. δ_t e δ_i rappresentano gli effetti fissi del singolo lavoratore e del tempo. Essi utilizzano sia regressioni lineari OLS pooled e 2SLS, in entrambi i casi i coefficienti sono negativi e compresi tra -0.5% e -3%. Interessante inoltre notare che i lavoratori più produttivi appaiono essere anche i più sensibili all'inquinamento.

La conclusione a cui, facilmente, si giunge è che la letteratura in questi recenti anni si è orientata verso un particolare tipo di studio ed analisi. L'approccio seguito è, come visto, molto sperimentale e fortemente impostato su una visione microeconomica. In tutte le ricerche viste, infatti, i lavoratori sono stati selezionati

²⁵² He, Jiaxiu, Haoming Liu, and Alberto Salvo. "Severe Air Pollution and Labor Productivity: Evidence from Industrial Towns in China" (2016).

all'interno di una struttura produttiva ben precisa. Sono stati poi individuati dei metodi di quantificazione della produttività necessariamente molto precisi che hanno quantificato il tasso di partecipazione al prodotto totale, da parte della forza lavoro di quella precisa azienda. Questo sistema di analisi si fonda sul principio che a livello microeconomico, la produttività del lavoro sia influenzata dall'*Effort* e che quest'ultimo altro non sia che una funzione del tasso di inquinamento ambientale. Tutte le ricerche giungono quindi alla medesima conclusione: più inquinamento comporta meno produttività.

I contributi analizzati finora sono accumulati da alcune caratteristiche evidenti. Prima fra tutte, si ritiene che la produttività sia esclusivamente influenzata da variabili ambientali. Questa chiara semplificazione è stata possibile solo perché l'approccio microeconomico e sperimentale lo permetteva. È lapalissiano però il fatto che a livello aggregato, la funzione di produzione totale sia influenzata da altri valori, classicamente il fattore capitale e la tecnologia. Queste variabili sono totalmente assenti dalle ricerche finora viste. Se si volesse quindi analizzare come la produttività del fattore lavoro, a livello macroeconomico, viene influenzata da altre variabili, sarebbe necessario prendere in considerazione anche quest'ultime.

La letteratura, inoltre, è caratterizzata dal fatto che l'agente inquinante analizzato è sempre molto generico, nel senso che non si evince mai, in nessun caso, quale sia la fonte di provenienza dell'inquinamento ma solo la sostanza chimica emessa. In questo modo non è possibile indicare la causa stessa delle emissioni ma si raggruppano, all'interno della stessa stima, valori che potrebbero essere causati da fenomeni molto diversi tra loro.

L'ultimo evidente punto in comune tra tutte queste ricerche fatte sino ad ora sono i risultati a cui giungono. Tutte queste stime microeconomiche e generiche dimostrano che l'EPE, l'Environmental Productivity Effect, è la relazione negativa tra emissioni e produttività. Tutti gli autori sono concordi nel dire che in ogni caso

l'inquinamento riduce il tasso di partecipazione all'output finale. Secondo questo metodo induttivo, quindi, qualunque emissioni, in qualunque forma e a qualunque livello, comporta inequivocabilmente una riduzione della capacità dei lavoratori di portare a termine il proprio lavoro.

Nelle pagine che seguono si tenterà di allargare il campo di analisi chiedendosi cosa accade alla EPE se la si osserva secondo un'ottica macroeconomica. Dopo aver mostrato e descritto il modello econometrico stimato, verranno analizzate le variabili prese in considerazione e saranno presentati ed interpretati i risultati.

L'analisi Econometrica

L'obiettivo che ci si è posto in questa parte della ricerca consiste nel voler determinare il modo in cui l'inquinamento ambientale – congiuntamente con altre fondamentali variabili – influenza il livello di produttività del fattore lavoro. La grande e profonda differenza di questa analisi rispetto a quanto visto nella *survey* del paragrafo precedente è innanzitutto, come già detto, nell'approccio macroeconomico. L'idea innovativa, consiste infatti nel voler individuare questa relazione in un lasso di tempo molto espanso e soprattutto relativamente a dati aggregati, riguardanti cioè interi contesti socio-economici. È chiaro che le analisi sin qui viste, così sperimentali e limitate, avevano il grande merito di essere precise nelle osservazioni. Per definire, ad esempio, la quantità di PM10 che i lavoratori di una certa azienda erano costretti ad assorbire, era sufficiente posizionare all'interno di uno spazio ben definito e limitato, delle apparecchiature di rilevazione delle concentrazioni atmosferiche. Se l'analisi, però, passa ad un livello global, per cui diviene necessario osservare i dati medi annuali dei singoli paesi considerati, allora è evidente come anche il processo di accumulazione, profilazione, e valutazione dei dati cambia radicalmente. Di contro, però, l'analisi macroeconomia permette di giungere a delle conclusioni più immediate e verosimili. Ci si spoglia del pensiero

induttivo per verificare la fondatezza di alcune ipotesi, osservandone i riflessi fenomenologici.

La produttività rappresenta la capacità dei lavoratori di partecipare alla generazione dell'output totale. La letteratura sulla crescita economica ²⁵³ suggerisce che la produttività del lavoro è in prevalenza una funzione del capitale a disposizione di ogni singolo lavoratore, del livello tecnologico e conoscitivo. Gli effetti dei livelli di inquinamento sulla produttività, invece, come la *survey* precedentemente esposta dimostra, agiscono sull'effort dei lavoratori. La qualità dell'offerta di lavoro, infatti, è influenzata dal livello di emissioni nocive; aumenti di queste ridurrebbero la disponibilità a dedicare tempo al lavoro, facendo preferire il tempo libero (o più probabilmente del tempo in ambienti non inquinati).

Sulla base di questa letteratura l'analisi econometrica si concentrerà sullo studio della seguente relazione:

$$\zeta = f(E^-, A^+, \psi^+)$$

Dove ζ rappresenta la produttività del lavoro, E il livello di inquinamento, A lo stato della tecnologia e ψ gli investimenti in capitale. La letteratura inoltre che, mentre lo stato della tecnologia e il livello di capitale a disposizione per ogni singolo lavoratore abbiano un effetto chiaramente positivo sulla produttività, l'inquinamento dovrebbe invece nuocere alla capacità del lavoratore di partecipare al prodotto totale

Nelle prossime pagine saranno descritte le variabili considerate nella stima della precedente relazione.

²⁵³ Tra gli altri: Barro, Robert J., and Xavier Sala-i-Martin. "Technological diffusion, convergence, and growth". No. w5151. National Bureau of Economic Research (1995); Hall, Robert E., and Charles I. Jones. "Why do some countries produce so much more output per worker than others?" The quarterly journal of economics 114.1 (1999): 83-116; Sachs, Jeffrey D. "Institutions don't rule: direct effects of geography on per capita income". No. w9490. National Bureau of Economic Research, (2003); Jones, Charles I. "Human capital, ideas and economic growth" Finance, Research, Education and Growth. Palgrave Macmillan UK, (2003). 51-74.

Le variabili e i dati

Questa ricerca presenta diversi elementi di grande novità rispetto alla citata letteratura mondiale. Il primo spunto di originalità risiede proprio nei dati considerati. Come si è potuto infatti osservare, finora le analisi sono state strutturate secondo una certa dinamica ricorrente, per la quale si prende in considerazione non semplicemente un settore lavorativo ma addirittura una specifica azienda, in cui sia possibile valutare i singoli fattori in modo preciso ed inequivocabile. Per quanto concerne il tasso di inquinamento, anch'esso viene quasi sempre registrato attraverso l'uso di specifiche colonnine poste all'interno o nell'immediata vicinanza della location da analizzare. L'obiettivo di questa tesi invece è, come detto, diverso e più generale. I dati che sono stati considerati riguardano livelli nazionali annui totali. Il dato principale di questa analisi è senza dubbio la variabile dipendente presa in considerazione: la produttività della forza lavoro.

Oltre questa variabile dipendente, le altre variabili prese in considerazione nel modello sono: il livello di inquinamento, il capitale fisso a disposizione di ogni singolo lavoratore e, infine, il livello di conoscenza e tecnologia disponibile. Per ognuna di queste variabili sono state individuate delle proxy.

La produttività è stata usata, trattata e definita in diversi modi nel corso del tempo. Come già abbondantemente discusso nei capitoli precedenti, esistono infatti diverse utili metodologie per calcolarla. Il metodo principale – e probabilmente anche più conosciuto – è senza dubbio quello proposto dall'*OECD System of Unit Labour Cost and Related Indicators* che ogni anno presenta un valore della produttività basato essenzialmente sull'output economico medio per lavoratore. Il punto cruciale di questo dato è senza dubbio rappresentato dal denominatore. Per costruire quindi correttamente il valore della produttività, si è ritenuto opportuno seguire pedissequamente la metodologia del sistema sopra citato.

La *forza lavoro totale* comprende le persone di età superiore ai 15 anni che rientrano nella definizione della *International Labour Organization* riguardo la popolazione economicamente attiva, ovvero sia tutte le persone che forniscono manodopera per la produzione di beni e servizi in un determinato periodo. Essa comprende quindi sia gli occupati che i disoccupati. Mentre alcune prassi nazionali variano nel trattamento di gruppi specifici come le forze armate e i lavoratori stagionali o part-time, in questo caso la forza lavoro è intesa in termini più ampi e comprende le forze armate, i disoccupati e i soggetti per la prima volta in cerca di lavoro, ma esclude homemakers (casalinghe), gli operatori sanitari non pagati e i lavoratori nel "settore informale". Il denominatore utilizzato comprende dunque l'offerta di lavoro disponibile per la produzione di beni e servizi in un'economia e riguarda le persone che sono attualmente impiegate e in ricerca effettiva di lavoro. Non tutti coloro che lavorano sono inclusi tuttavia. Come detto i lavoratori non retribuiti, i lavoratori familiari, e gli studenti sono spesso omessi in tante stime. La dimensione della forza lavoro tende a variare durante l'anno a causa del fatto che i lavoratori stagionali entrano ed escono da questo insieme. Solitamente la popolazione attiva è misurata in relazione ad un periodo di riferimento come l'anno. Le stime della forza lavoro sono state calcolate applicando i tassi di partecipazione alla forza lavoro dal database OIL sulle stime demografiche della Banca mondiale per creare una serie coerente con queste stime della popolazione. Questa procedura a volte si traduce in stime della forza lavoro che differiscono leggermente da quelle del ILO's *Yearbook of Labour Statistics* e del suo database di *indicatori chiave* del mercato del lavoro. Le serie storiche dei tassi di partecipazione alla forza lavoro serie comprendono dati nazionali riportati e imputati. Queste stime armonizzate utilizzano rigorosi criteri di selezione dei dati e metodi avanzati per garantire la comparabilità tra paesi e nel tempo per evitare le incongruenze derivanti dalle fonti di dati, da differenti definizioni, dal periodo di riferimento, dalla copertura e dalla fascia di età. I dati e le stime si basano su dati a livello nazionale delle forze lavoro e su altre fonti, come censimenti della popolazione e stime riportate a livello locale ed utilizzate solo

quando non ci sono dati disponibili²⁵⁴. Il denominatore, di contro, si riferisce all'output totale del sistema economico. Ovviamente è stato usato il GDP espresso a valori che riflettano la parità del potere d'acquisto. PIL PPP-based²⁵⁵ è il valore del prodotto interno lordo convertito in dollari internazionali utilizzando i tassi PPP per l'appunto. Ciò significa semplicemente che un dollaro internazionale deve avere il medesimo potere d'acquisto sul PIL rispetto a quello che un dollaro americano ha negli Stati Uniti. La parità di potere d'acquisto tra i due paesi A e B, indica il rapporto del numero di unità di valuta del paese A necessarie per acquistare nel paese A la stessa quantità di un bene specifico o di un servizio acquistabile nel paese B con un'unità della valuta del paese B. Per questo semplice motivo, il PPP può essere espresso alternativamente nella valuta di uno dei due paesi. Nella pratica viene calcolato utilizzando un numero elevato di paesi ed espresso in termini di una moneta unica, quasi sempre appunto il dollaro americano (US \$) che comunemente viene usato come base o "valuta numeraria"²⁵⁶.

Il secondo dato che viene trattato e che prende parte quindi a questa analisi rappresenta il centro dell'intera discussione ed è, forse proprio per questo motivo, ancora più complicato nella definizione rispetto al termine precedente. Come variabile indipendente principale è stata scelta la quantità di emissioni nocive ed in particolare, come già visto in precedenza, *il livello di diossido di carbonio generato dall'uso del petrolio*²⁵⁷. L'attenzione quindi riguarda sempre un particolare tipo di inquinamento causato da una particolare risorsa produttiva. La mancanza di semplicità che caratterizza questo termine consiste nel fatto che al fine di definirlo si è reso necessario utilizzare nelle diverse specificazioni del modello proposte, differenti misure che permettessero di calcolare questo tipo di inquinamento. Il primo valore utilizzato è il medesimo livello di emissioni visto in precedenza. L'uso di

²⁵⁴ Fonte: <http://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.TOTL.IN>

²⁵⁵ Purchasing Power Parity

²⁵⁶ "Numeraire" Currency

²⁵⁷ Esposizione al gas espressa in milioni di tonnellate per metro quadro per anno (fonte: <http://www.iea.org/statistics/>)

questo indicatore attiene in modo più preciso possibile alla letteratura mondiale esaminata. Esso quindi indica il livello di emissioni relative medie di CO₂ per ogni singolo paese. Il secondo valore è rappresentato dalla stima fatta con il modello del capitolo precedente riferito alla teoria *dell'Environmental Kuznets Curve* e che al suo interno ricomprende i valori del GDP, del reddito pro-capite, dell'apertura commerciale e della produzione di Crude Oil. La differenza tra il valore effettivo e il valore stimato è profonda e non deve essere in alcun modo sottovalutata. Le emissioni effettive di CO₂ rappresentano infatti l'inquinamento tout court, individuato da appositi centri di rilevamento sparsi in tutti i paesi. Le stime EKC di CO₂, invece, prendono in considerazione non tanto l'inquinamento ma il concetto di esternalità negativa, ovvero del risultato (dannoso, costoso e difficile da contabilizzare) di processi produttivi.

Per valutare invece il peso, o per meglio dire, la spinta all'interno di ogni singola economia verso un miglioramento del livello conoscitivo dei singoli lavoratori, è stato necessario trovare un termine che riuscisse a ricomprendere da una parte il valore che viene dato alla conoscenza, dall'altro come sia cambiato il suo contributo nel corso del tempo rispetto alla capacità di generare ricchezza, una Proxy del livello conoscitivo. Queste caratteristiche vengono perfettamente rappresentate da: % *R&D Expenditure on GDP*, ovvero il livello di spesa aggregata in Ricerca e Sviluppo rispetto al PIL. I dati riferiti alla R&D sono stati presi dal database *dell'Institute for Statistics presso lo United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)*. Questo è un valore aggregato che misura in modo inequivocabile quanto, in ogni paese e in ogni anno, viene investito nella conoscenza e nell'innovazione e dovrebbe, nella ricerca, rappresentare una proxy di qualità del livello conoscitivo medio del singolo lavoratore.

Il quarto indicatore che è stato selezionato e inserito all'interno di questa analisi rappresenta una valida proxy del livello di investimenti in creazione di capitale fisso rispetto all'intera economia e quindi l'importanza che assume il capitale in ogni

singolo contesto. Per descrivere questo valore si è deciso di optare per un indicatore molto utilizzato in letteratura, ovvero sia il *Gross fixed capital formation, Percentage of US dollar GDP*. Questo termine ha il compito di misurare il livello di capitale fisso, generato per l'appunto dagli investimenti, rispetto al PIL e quindi, nell'idea di questa ricerca, deve rappresentare una valida proxy per misurare il livello medio di capitale a disposizione di ogni singolo lavoratore. Il concetto di base, infatti, è che se in un paese si investe di più in termini di capitale e se questi investimenti, in particolare, sono finalizzati alla creazioni di ΔK e non, invece, alla sostituzione di capitale già esistente, ciò significherà che ogni lavoratore avrà teoricamente una maggiore quantità di capitale a disposizione per compiere la sua attività lavorativa e quindi, a parità di valori, egli sarà maggiormente produttivo rispetto ad un suo omologo che non ha a disposizione tutta quel capitale e deve portare a termine il medesimo processo produttivo senza poterne quindi usufruire.

Il quinto valore che prende parte a questa ricerca circa le variabili che incidono sulla produttività è rappresentato da *% Oil Rents on GDP*, ovvero sia la rendita aggregata dal settore petrolifero rispetto al PIL. Questo valore è evidentemente collegato alla dimensione del settore petrolifero e ne mostra il peso economico e dunque il suo valore all'interno di ogni singolo sistema. Ciò che questa variabile indica inoltre è la redditività degli investimenti nel settore Oil rispetto al reddito nazionale. Essa è perciò un indicatore della spinta che vi è in ogni paese verso maggiori investimenti in capitale fisico nel settore. Questo dato è stato raccolto direttamente dal database della World Bank ed il metodo di ricerca, stima e calcolo che ha permesso di individuarlo è stato esposto già nel 2011²⁵⁸. L'idea di fondo nell'uso di questo indicatore è molto simile a quella vista precedentemente. Esso infatti mostra il livello di investimenti in capitale fisso fatto in ogni singolo paese. Il motivo è molto semplice: alti livelli di redditività di un investimento sono determinati da due fattori,

²⁵⁸ The World Bank "*The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium*" (2011).

il primo è la domanda del bene che si va a creare, il secondo è la dimensione degli investimenti fatta. Non solo il secondo termine è quasi sempre più rilevante del primo, ma per di più, in questo caso, si può affermare senza il rischio di essere smentiti che la domanda di petrolio è assolutamente globalizzata, ovvero sia c'è un'elevata mobilità del capitale. Ciò porta a concludere che elevati valori di tale indice, segnano in modo certo che in quel paese si è investito di più nel settore Oil e ciò significa che vi è un elevato livello di capitale fisso a disposizione dei lavoratori e che, come detto prima, ognuno di essi tenderà a essere più produttivo. Anche questo indicatore è, quindi, una valida proxy al livello di capitale per lavoratore. Essa dà un'informazione aggiuntiva perché è riferita esclusivamente al settore petrolifero.

Il sesto e il settimo dato che sono stati presi in considerazione sono le già abbondantemente trattate dummies di appartenenza all'OPEC e all'OECD. Come infatti nel precedente paragrafo, questi due valori portano con sé un significato ben al di là della mera iscrizione a queste due organizzazioni. Quando, infatti, la prima dummy presenta un valore unitario significa che il paese in questione è caratterizzato da un elevatissimo livello di investimenti nel settore petrolifero. Questa dummy quindi rappresenta un'adeguata, ulteriore, proxy del livello di investimenti nel settore Oil. D'altro canto, la partecipazione all'OECD significa che il paese ha un livello sopra la media in una serie di indicatori, già visti nel paragrafo precedente, che valutano il livello di tecnologia e conoscenza disponibile per ogni lavoratore (si pensi all'indice Human Development di Sen, ad esempio, che ricomprende il livello di alfabetizzazione media). Questa dummy, dunque, è anch'essa una proxy del livello di conoscenza e di tecnologia del paese. I dati riferiti a queste due variabili sono stati evidentemente raccolti nei datastore delle organizzazioni stesse. È altresì chiaro che essendo la ricerca riferita a un lasso di tempo abbastanza espanso, è possibile che alcuni dei paesi trattati presentino valori unitari in alcuni anni e valori nulli in altri.

Il Modello Econometrico

Al fine di studiare la robustezza della relazione macroeconomica individuata nella precedente relazione, così come eventuali proprietà sulla linearità dei modelli, sono state elaborate e stimate differenti specificazioni econometriche. I dati, infine, sono stati aggregati per studiare la relazione tra inquinamento e produttività al variare delle condizioni socio economiche dei paesi considerati. Il modello di partenza è, seguendo quanto proposto dalla letteratura, un regressione stimata attraverso il metodo GLS con panel ad effetti casuali. Il motivo della scelta di tale metodo di stima è da ricercare nei test che sono stati portati avanti ed ai quali si rimanda all'appendice per una completa visione. Anche in questo caso il panel è stato costituito osservando i valori di 50 diversi stati, distribuiti lungo 6 cluster geografici di riferimento (Asia & Oceania, America, Africa, Europa, Eurasia e Middle East), lungo il periodo di tempo che va dal 1980 al 2014.

La prima specificazione che è stata analizzata è la seguente:

$$1. \quad \ln\zeta_{ij} = \text{Const}_{ij} + \gamma_1 \ln E_{ij} + \gamma_3 \ln A_{ij} + \gamma_4 \ln \Psi_{ij}$$

Dove:

- ζ rappresenta la produttività del lavoro;
- E rappresenta l'inquinamento di CO₂;
- A rappresenta la spesa in Ricerca & Sviluppo
- Ψ rappresenta gli investimenti in capitale fisico
- i rappresenta l'indice del paese analizzato
- j rappresenta l'indice temporale

La seconda specificazione invece è leggermente differente, ma non cambia la sostanza dell'analisi:

$$2. \quad \ln\zeta_{ij} = \text{Const}_{ij} + \gamma_1 \text{Ln}E_{ij} + \gamma_2 \text{Ln}A_{ij} + \gamma_3 \text{Ln}\Psi_{ij} + \gamma_4 \text{Ln}\Psi_{ij}^{OIL}$$

Dove evidentemente:

- Ψ_{ij}^{OIL} rappresenta la rendita – e quindi il livello – degli investimenti in capitale fisso nel settore Oil

Come si può bene vedere, alla precedente forma è stato aggiunto il solo indicatore degli investimenti nel settore Oil al fine di dare maggior peso, o più propriamente al fine di suddividere meglio il peso, alla misura del capitale a disposizione del singolo lavoratore.

La terza specificazione aggiunge due nuovi termini, ovvero le dummies. Ognuna di esse dà ulteriore modo di osservare il peso che ha lo sviluppo (partecipazione all'OECD) e la dotazione di capitale (partecipazione all'OPEC) nella determinazione del livello di produttività del lavoro. Esse perciò, in qualche modo, sottolineano nuovamente i fattori della Conoscenza e del Capitale a disposizione.

$$3. \quad \ln\zeta_{ij} = \text{Const}_{ij} + \gamma_1 \text{Ln}E_{ij} + \gamma_2 \text{Ln}A_{ij} + \gamma_3 \text{Ln}\Psi_{ij} + \gamma_4 \text{Ln}\Psi_{ij}^{OIL} + \gamma_5 \text{Ln}D1_{ij} + \gamma_6 \text{Ln}D2_{ij}$$

Dove:

- D1 è la dummy di partecipazione all'OECD
- D2 è la dummy di partecipazione all'OPEC ed alla lista dei grandi produttori di petrolio

L'obiettivo di ricerca che questa specificazione intende perseguire è lampante, cioè dare maggiore peso alle variabili di controllo che spiegano effetti "terzi" sulla produttività del lavoro. La dummy D2 rappresenta l'iscrizione all'OECD e quindi l'essere caratterizzati da un sistema evoluto e sviluppato, in cui vi molta

attenzione ai processi di sviluppo, di innovazione e più in generale di crescita del livello di conoscenza. La dummy D1, invece, assume valore unitario se il paese è iscritto alla lista di cui sopra e quindi ha un livello di capitale rilevante che può influenzare la produttività del lavoro.

La quarta, ed ultima, forma, che questo modello prende in questa ricerca, ha come obiettivo quello di aumentare – se possibile – il livello informativo della stima. L'idea, tra l'altro abbastanza semplice, è stata quella di innovare la ricerca in tale ambito, immettendo un valore quadrato. La nuova specificazione quadratica, prende quindi la seguente formulazione:

$$4. \quad \ln\zeta_{ij} = \text{Const}_{ij} + \gamma_1 \text{Ln}E_{ij} + \gamma_2 \text{Ln}E_{ij}^2 + \gamma_3 \text{Ln}A_{ij} + \gamma_4 \text{Ln}\Psi_{ij} + \gamma_5 \text{Ln}\Psi_{ij}^{OIL} + \gamma_6 \text{Ln}D1_{ij} + \gamma_7 \text{Ln}D2_{ij}$$

È chiaro che il termine quadratico relativo all'inquinamento, sottolinea i casi in cui tale livello assume valori molto rilevanti. L'obiettivo, anche qui, è chiaro: si vuole scoprire se l'effetto delle emissioni sulla produttività ad un certo punto cambia quando queste diventano troppo elevate.

Sembra necessario, a questo punto, far riemergere la problematica inerente il fattore E, ovvero le emissioni nocive. Fino ad ora questo valore è stato trattato come esogeno, ipotizzando quindi che esso non sia a sua volta causato da nessun altro fattore. Se però si prende in considerazione quanto detto e stimato nel paragrafo precedente, immediatamente ci si trova nella necessità di doverlo spiegare in un modo nuovo e, di certo, originale. Posto, cioè, che la letteratura internazionale degli ultimi trent'anni si è cimentata a dimostrare in diversi modi ambiti, le cause che possono spiegare aumenti o riduzioni delle emissioni nocive, il passaggio logico che si è deciso di affrontare è, quindi, quello di unire in un unico nuovo modello quelle teorie e stime con il più moderno – e certamente meno analizzato – *Environmental Productivity Effect*.

Tale passaggio è probabilmente l'elemento di innovatività che più di ogni altro caratterizza la parte conclusiva di questa ricerca. Le nuove specificazioni quindi devono essere riscritte utilizzando non più i valori effettivi delle emissioni nocive, ma bensì le loro stime MEKC²⁵⁹, ovvero:

$$\zeta_{ij} = f(\hat{E}; A; \Psi; Y, I, TI)$$

Oppure, esplicitando la funzione:

$$5. \ln \zeta_{ij} = \text{Const}_{ij} + \gamma_1 \text{Ln} \hat{E}_{ij} + \gamma_3 \text{Ln} A_{ij} + \gamma_4 \text{Ln} \Psi_{ij} + \gamma_5 Y_{ij} + \gamma_6 I_{ij} + \gamma_7 TI_{ij}$$

Dove, vale la pena ripeterlo:

$$\hat{E} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij} Y_{ij} + \beta_{2ij} I_{ij} + \beta_{3ij} TI_{ij} + \beta_{4ij} K_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Il modello sopracitato si basa sulla c.d. Exclusion Restriction seguendo quanto proposto dal modello di Aragon et al., nella loro relazione tra Endowment (in questo caso di oro), emissioni e produttività (TFP)²⁶⁰.

Le analisi, in conclusione, sono state svolte utilizzando:

- Valori log a livello;
- Valori log in variazione;
- Valori log in variazione escluso il termine dipendente, mantenuto a livello;
- Valori log a livello con le emissioni stimate secondo la EKC;

²⁵⁹ Modified Environmental Kuznets Curve, ovvero sia l'argomento del capitolo precedente.

²⁶⁰ Aragón, Fernando M., and Juan Pablo Rud. "Modern industries, pollution and agricultural productivity: Evidence from Ghana." International Growth Centre Working Paper (2013).

- Valori log in variazione con le emissioni stimate secondo la EKC;
- Valori effettivi in termini di variazione percentuali;

In conclusione si è, poi, proceduto a stimare nuovamente i valori log a livello suddividendo però il panel global tra paesi molto avanzati e paesi molto arretrati per comprendere se vi sono differenze nel coefficiente CO2 derivanti dall'essere o meno ricchi.

La riflessione conclusiva attiene semmai ad un problema di carattere tecnico, ovvero sia il fatto che all'interno di \hat{E} vi sia conteggiato il valore del reddito procapite e della Scala dell'economia. Questi due termini sono caratterizzati dall'essere calcolati in funzione del GDP, valore che a sua volta è ricompreso all'interno della misura della produttività. Questa simultanea presenza del termine del PIL sia a sinistra sia, in modo velato, a destra, potrebbe comportare alcune problematiche di interpretazione e non è esente da critiche. Anche per questo motivo sono stati selezionati valori che indicassero il reddito nazionale diversi tra loro. In appendice possono, a tal proposito, essere trovati i test che verificano la mancanza di collinearità tra questi valori.

Risultati

Prima di procedere alla presentazione delle stime delle varie specificazioni è opportuno introdurre alcune considerazioni di carattere generale sulla proprietà delle stime.

Il primo punto concerne la validità delle stime proposte sulle ben 1670 osservazioni raccolte. Ciò è doveroso da sottolineare non soltanto per una necessità tecnica ma quanto per l'importanza che queste analisi potrebbero avere. Il test di Hausman, la cui ipotesi nulla prevede la consistenza delle stime GLS con Panel ad

effetti casuali, ha un valore del p-value ben al di sopra dello 0.05, il che permette di affermare innanzitutto la bontà di questo tipo di regressione e, inoltre, anche la preferenza rispetto a stime Panel ad effetti fissi oppure stime Pooled OLS. Ciò che inoltre si nota immediatamente, sempre a proposito delle analisi ex-post, riguarda il basso valore della varianza “within”, ovvero quella che riguarda precipuamente i singoli gruppi. Si ricorda, a tal proposito, che i gruppi in questione sono i 50 paesi selezionati suddivisi nei 6 macro-cluster geografici.

Il secondo punto riguarda il coefficiente delle emissioni che è sempre positivo. Quando la regressione viene fatta a livelli è intorno a +0.2, quando è in termini differenziali è intorno a +0.13, quando è in termini di differenze percentuali è circa +0.08, infine quando viene usato il valore delle emissioni stimate dalla EKC, questo valore si attesta tra i valori +0.11 (nel caso di stime a livelli) e +0.18 (nel caso di stime con differenze dei logaritmi). Aumenti minimi delle emissioni di CO₂ proveniente dall'utilizzo del petrolio, tenuti costanti gli altri indicatori, provoca aumenti nella produttività del lavoro tra l'8% e il 20%, in base al tipo di specificazione usata.

Il terzo punto concerne le altre due variabili, ovvero sia la tecnologia e il capitale fisso a disposizione. Le varie proxy utilizzate per valutare questi fattori appaiono essere quasi sempre positive e significative. Coerentemente con quanto descritto dalla letteratura sul tema, quindi, disporre un maggiore livello conoscitivo o di una maggiore quantità di capitale durante i processi produttivi, comportano un vantaggio in termini di produttività.

Quarto ed ultimo punto che si può immediatamente notare è rappresentato dal fatto che nella specificazione quadratica, ad elevatissimi livelli di emissioni, l'effetto sulla produttività del lavoro muterebbe, divenendo negativo.

Le tabelle mostrate in questo paragrafo rappresentano evidentemente delle sintesi di quanto trovato (per poter osservare i risultati di tutti i test e le specifiche delle stime, si rimanda al paragrafo successivo) ma sono comunque molto utili per

rendersi conto pienamente dei risultati. In tutte le tabelle sottoesposte, la prima colonna è evidentemente dedicata alle variabili di cui sono stati stimati i coefficienti. Partendo dalla prima riga “const”, ovvero la costante iniziale, e scendendo via via si possono osservare i valori riferiti alla variabile inquinamento (CO2 e CO2quadro), quelli riferiti alla variabile innovazione tecnologica (investimenti in R&D e partecipazione OECD) e quelli riferiti alla variabile capitale a disposizione (Investimenti in Fixed Capital, rendimenti del settore Oil e partecipazione all’OPEC). Le colonne numerate da 1 a 4 sono chiaramente riferite alle specificazioni stimate, dalla prima – la più semplice – in cui sono presenti solo alcuni termini, fino alla quarta in cui prendono parte alla stima tutti e otto i fattori ipotizzati.

In ogni riquadro è possibile osservare il valore numerico del coefficiente in relazione ad ogni specificazione. Accanto a tale valore, attraverso l’utilizzo degli asterischi, viene espresso il grado di significatività di tale stima: *** significa un p-value al di sotto di 0.001, ** significa che la stima ha un p-value minore di 0.05, * rappresenta un p-value minore di 0.099, mentre l’assenza di asterischi sta a indicare valori troppo alti del p-value e quindi mancanza assoluta di significatività della stima. Al di sotto, invece, del valore del coefficiente, in parentesi tonda, è indicato l’errore standard. Queste caratteristiche sono comuni a tutte le tabelle.

Per chiarezza, infine, è bene far notare che le varie tabelle qui esposte, rappresentano le stime delle 4 specificazioni attraverso l’uso di termini leggermente diversi. Nella prima vengono utilizzati valori log-trasformati e a livello. Nella seconda tabella saranno mostrati le variazioni finite, anno per anno, dei valori Ln a livello. Nella terza una stima mixed, in cui alcuni valori sono espressi a livello e altri in differenze. Poi verrà esposta la tabella caratterizzata dall’uso delle differenze percentuali dei valori effettivi. Successivamente sono esposte le tabelle che utilizzano i valori Ln a livello e in differenza ma con i valori delle emissioni stimati nel precedente paragrafo. Infine saranno esposte le tabelle inerenti la disaggregazione del panel global in sotto gruppi.

Il modello stimato con i termini Ln valutati a livello è certamente il più problematico. La prima specificazione presenta tutti valori positivi e significativi, ciò sta a indicare che le emissioni, come anche la tecnologia e il capitale a disposizione hanno un effetto positivo sulla produttività, la stimolano a crescere. Proprio le emissioni sembrano avere il peso maggiore. I relativi errori standard appaiono invece molto ridotti.

	1	2	3	4
const	11,0965 *** (0,289246)	11,4263 *** (0,293684)	11,4784 *** (0,273939)	16,7233 *** (0,396311)
CO2	0,208883 *** (0,0186662)	0,230245 *** (0,0185001)	0,22032 *** (0,0186138)	-1,25408 *** (0,086583)
CO2²				0,0920893 *** (0,00529931)
R&D	0,0957402*** (0,0219378)	0,0253898 *** (0,0218898)	0,00859969 (0,0223681)	0,00950913 (0,020394)
Capital	0,0987119 *** (0,0238553)	0,0947783 *** (0,0244741)	0,095023 *** (0,0245483)	0,129773 *** (0,0224402)
Oil Rents		-0,0500926 *** (0,0105075)	-0,050966 *** (0,010541)	-0,0435908 *** (0,00963593)
OECD			0,257706 *** (0,0531267)	0,20864 *** (0,048501)
OPEC			0,072584 (0,0712796)	0,300902 *** (0,0665212)

Table 16 – Stima a livelli Ln

La seconda specificazione mostra un nuovo termine, la rendita da petrolio. Questo valore, stranamente, appare significativo ma negativo, come a dimostrare che maggiori rendimenti derivanti dal petrolio non inducono aumenti nella produttività ma, al contrario, la riducono.

La terza specificazione tiene conto anche dell'appartenenza alle organizzazioni OECD e OPEC. In questa stima tutti i valori non mutano il proprio segno e le dummy, proprio come le emissioni, la ricerca e gli investimenti, presentano un segno positivo. Un primo spunto riguarda il fatto che in questa terza forma, la ricerca smette di essere significativa come non lo è l'appartenenza all'OPEC. La quarta

specificazione, infine, è quella che crea i maggiori problemi. Come si avrà modo di vedere, questa è l'unica stima in cui le emissioni presentano un valore negativo. Un coefficiente che sembrerebbe andare totalmente contro l'ipotesi fatta. Contestualmente il loro valore quadrato ha invece un segno positivo. Tutte gli altri coefficienti mantengono il loro segno e la dummy OPEC è, stavolta, altamente significativa.

La seconda tabella riguarda la stima fatta utilizzando le differenze dei valori log. Si è cercato, quindi, di osservare come i tassi di variazione dei singoli fattori facciano mutare il tasso di variazione del fattore dipendente. L'unico termine espresso a livelli è il livello di investimenti in capitale.

	1	2	3	4
const	-0,0660487 (0,0510685)	-0,0312484 (0,0532123)	-0,0294281 (0,0535051)	-0,0182175 (0,0533019)
CO2	0,133124 *** (0,0179367)	0,135492 *** (0,0206475)	0,136294 *** (0,0207358)	0,170338 *** (0,0213869)
CO2²				-0,181268 *** (0,0323967)
R&D	-0,00106926 (0,0163369)	-0,00854161 (0,017006)	-0,00848777 (0,0170172)	-0,0112283 (0,0168437)
Capital	0,00974537 (0,00665546)	0,00500433 (0,00693765)	0,00468674 (0,00697976)	0,0034532 (0,00695092)
Oil Rents		-0,0106614 * (0,00625992)	-0,0107031 * (0,00626074)	-0,0109382 * (0,00619305)
OECD			0,00217984 (0,00679515)	0,00109986 (0,00688815)
OPEC			0,000156755 (0,00611949)	-0,000519668 (0,00621938)

Table 17 – Stima in differenze Ln

Questa stima appare subito meno significativa della precedente, ma non per questo necessariamente alternativa. La specificazione 1 presenta il coefficiente relativo alle emissioni pari a +0.13 ed altamente significativo. Tutti gli altri valori hanno p-value troppo alti per essere presi in considerazione.

La seconda stima non presenta elementi di particolare differenza, le emissioni continuano a essere positive e significative e, inoltre, la rendita da petrolio appare leggermente significativa e negativa. Anche la terza non presenta elementi di novità. Ma nella quarta specificazione, si può notare come il segno delle emissioni rimane positivo e altamente significativo ed il suo quadrato, anch'esso significativo, appare invece negativo.

Cosa indica questa seconda tabella? Per quanto i livelli di p-value appaiano troppo alti per quasi tutti i termini, è possibile notare che le variazioni positive delle emissioni comportano sempre variazioni positive della produttività. La funzione quadratica ci regala una nuova riflessione, ovvero sia che è vero che il contributo di CO₂ alla produttività è crescente ma ad alti livelli esso diviene negativo. Si avrà modo, in seguito, di analizzare questo punto in modo più dettagliato.

La terza stima è molto simile a quella appena vista, la differenza consiste nel fatto che il valore della produttività è espresso non in termini differenziali ma a livello. L'obiettivo è sondare il fenomeno per cui variazioni nel tasso di inquinamento comportino variazione nel livello della produttività.

	1	2	3	4
const	12,6118 *** (0,272869)	12,696 *** (0,281875)	12,6051 *** (0,250813)	12,6109 *** (0,25101)
CO2	0,127688 ** (0,0605259)	0,166412 ** (0,0683617)	0,164552 ** (0,0682396)	0,180308 ** (0,0709212)
CO2²				-0,0882811 (0,10815)
R&D	0,011068 (0,0548972)	0,00673795 (0,0556337)	0,0104923 (0,0555093)	0,00938899 (0,0555297)
Capital	0,173949 *** (0,0245489)	0,16816 *** (0,0258483)	0,162396 *** (0,0257982)	0,161735 *** (0,0258129)
Oil Rents		0,0161257 (0,0204006)	0,00934653 (0,0203804)	0,0091937 (0,0203828)
OECD			0,338094 *** (0,0534416)	0,337917 *** (0,0534467)
OPEC			0,113749 (0,0718673)	0,113603 (0,0718759)

Table 18 – Stime in differenze Ln e Produttività a livello

Questa terza tabella presenta valori più significativi. La prima specifica presenta valori tutti positivi. In particolare la emissioni di CO2 continuano ad essere caratterizzate da un coefficiente di segno + (nel caso di specie pari a +0.13) ed anche il livello di investimenti (che è espresso anch'esso in livello) appare positivo e significativo. La seconda e la terza specificazione non mutano questo assetto. È interessante osservare che nella quarta specificazione le emissioni continuano ad essere positive, il loro livello elevato al quadrato continua a essere negativo (anche se perde di significatività), positivi e significativi appaiono anche il livello di investimenti e la dummy OECD. Anche in questo caso le (variazioni delle) emissioni di CO2 da petrolio partecipano positivamente all'aumento della produttività, come anche l'avere più capitale a disposizione e l'essere un paese sviluppato.

	1	2	3	4
const	1,25227 *** (0,383737)	1,19216 *** (0,351435)	0,919493 *** (0,524119)	0,82415 (0,519868)
CO2	0,0850843 *** (0,0157628)	0,0772854 *** (0,0167369)	0,0771492 *** (0,0167826)	0,191192 *** (0,0230836)
CO2²				-0,0008524 *** (0,000120634)
R&D	-0,0045302 (0,0117971)	-0,00882695 (0,0121312)	-0,00867114 (0,0121306)	-0,0100274 (0,0119361)
Capital	-0,0156137 * (0,00813042)	-0,0165509 * (0,00857242)	-0,0165352 * (0,00857333)	-0,0172635 ** (0,00843557)
Oil Rents		-0,018112 *** (0,00549887)	-0,018199 *** (0,00550011)	-0,01802 *** (0,00541134)
OECD			0,131822 (0,777154)	0,258892 (0,770049)
OPEC			0,583162 (0,710769)	0,350229 (0,70561)

Table 19 – Stime in differenze percentuali su valori effettivi

La quarta tabella è costruita in modo molto diverso. Si è ipotizzato, infatti, di analizzare non più i valori log–trasformati, ma le variazioni in termini percentuali dei valori effettivamente raccolti. L'esperimento è molto interessante e vale la pena mostrarlo.

La variazione percentuale effettiva delle emissioni ha inequivocabilmente un legame positivo con il livello di produttività. Nella prima specificazione del modello questo valore si attesta oltre lo 0.8. Le due successive forme del modello, portano con sé un coefficiente significativo e negativo della rendita da petrolio mentre le emissioni continuano ad essere positive (+0.77).

Se invece si osserva la funzione quadratica, si nota come anche in questo caso il CO2 presenta un valore positivo e molto elevato (+0.19) e il suo quadrato un valore negativo (−0.0008), entrambi ampiamente significativi. La rendita da petrolio e il livello degli investimenti appaiono invece negativi.

	1	2	3	4 RE	4 FE
const	8,44875 *** (0,306688)	8,77907 *** (0,315399)	8,79019 *** (0,313397)	0,487 (1,24995)	1,25532 (1,25314)
CO2^	0,110184 * (0,0597159)	0,117632 * (0,0658488)	0,114703 * (0,0668318)	2,1141 *** (0,30234)	1,979 *** (0,304066)
CO2^2				−0,119 *** (0,0176049)	−0,112 *** (0,0176835)
R&D	−0,0785 *** (0,0177493)	−0,0961 *** (0,0180604)	−0,0983 *** (0,0183329)	−0,0875 *** (0,0182747)	−0,096 *** (0,0182049)
Capital	0,00183076 (0,018701)	0,0207855 (0,0198194)	0,0210338 (0,0198812)	0,00717323 (0,0200032)	0,0111756 (0,0196368)
GDP	0,05017 *** (0,0104663)	0,0469 *** (0,0110671)	0,04673 *** (0,0111339)	0,04347 *** (0,0111331)	0,0409 *** (0,0110188)
GNI per capita	0,25316 *** (0,0163491)	0,23592 *** (0,0180849)	0,23517 *** (0,0182001)	0,24554 *** (0,0181249)	0,2442 *** (0,0181609)
Trade Intensity	0,000138176 (0,00837913)	−0,00115928 (0,00927347)	−0,00024630 (0,00931889)	0,000672597 (0,00929889)	−0,003603 (0,00921066)
Oil Rent		−0,0248 *** (0,00952335)	−0,0245 ** (0,009557)	−0,02203 ** (0,00949737)	−0,026 *** (0,00949397)
OECD			0,0445956 (0,0432948)	0,0553469 (0,0431776)	0,021643 (0,0428272)
OPEC			−0,00137736 (0,057951)	−0,0139722 (0,0572706)	−0,01733 (0,0580403)

Table 20 – Stime a livello Ln e valori stimati delle Emissioni

Le ultime due stime fatte si concentrano invece non sul livello delle emissioni effettive ma sulle emissioni stimate attraverso la EKC. Per fare ciò si è immesso all'interno dell'equazione tre nuove variabili, ovvero il GDP, l'Income procapite e il

livello di apertura commerciale nel settore Oil. In questo modo, per via della exclusion restriction, possiamo infine sondare l'effetto indiretto che la produzione di Crude Oil ha sulla produttività attraverso le emissioni.

Il primo modello è costruito con i valori a livello. Osservando la tabella 5, è immediato notare la somiglianza con quanto osservato finora. La prima specificazione, eccezion fatta per il termine R&D, mostra tutti coefficienti positivi. Le emissioni di CO₂ quindi, anche nella loro valenza di indicatori dell'economia secondo quanto teorizzato nel modello EKC, mostrano un apporto positivo alla produttività. Nella seconda e nella terza specifica del modello le emissioni continuano ad avere un buon effetto sulla produttività (+0.11), gli investimenti in R&D stranamente un effetto negativo (-0.09), ovviamente le dimensioni più economico-reddituali partecipano positivamente, ovvero il GDP (+0.04) e il GNI per capita (+0.23), mentre la rendita petrolifera è caratterizzata anch'essa da un coefficiente negativo (-0.02). La quarta e ultima specificazione è stata prima stimata con il metodo panel RE ma notando un valore del p-value della statistica riferita al test di Hausman troppo alta, si è deciso di aggiungere anche una stima a effetti fissi come suggerito dal test di Breusch-Pagan. Le due specificazioni così ottenute non differiscono in modo particolare. Ciò che si può notare è l'elevatissimo valore che assume il coefficiente delle emissioni (+1.9), dato che va a confermare in toto quanto visto finora. Il valore quadrato delle emissioni, ancora una volta appare negativo (-0.111), come negativi appaiono gli investimenti R&D e la rendita da petrolio. Le dummies non sono significative. Ciò sta a significare che aumenti dei livelli di concentrazione delle emissioni negative comportano aumenti della produttività del lavoro compresi tra lo 0.11 e l'1.9. Questa stima in particolare è molto interessante perché unisce i due paragrafi e permette di affermare che questo effetto benefico sulla produttività è dato proprio dalla ricchezza della dotazione di capitale inquinante. Il secondo metodo che vede l'utilizzo delle stime EKC per quantificare le emissioni negative da CO₂ è invece costruito con i termini differenziali. Anche quest'ultima versione conferma quanto detto finora. Nonostante infatti l'uso delle variazioni riduca la significatività di alcune variabili, si

può notare perfettamente come anche in questo caso le emissioni sono sempre positive e significative e si confermano in un valore compreso tra +0.184 e +0.218, in base al tipo di specificazione. Se si osserva direttamente la quarta specifica, inoltre, ci si renderà immediatamente conto di altri importanti risultati. Il valore quadrato di CO2 è negativo, anche se non significativo, in perfetta corrispondenza con quanto visto finora. I valori del GDP e del GNI per capita sono positivi e altamente significativi. Tutti gli altri termini hanno p-value troppo alti per essere considerati. La riflessione a cui si giunge dopo aver visto le sei tabelle di cui sopra è chiara ed immediata. A parte l'ultima specificazione della prima tabella, c'è una conferma totale e generalizzata circa l'effetto che CO2 ha sulla produttività.

	1	2	3	4
const	0,00453705 (0,0027871)	0,00393056 (0,00263968)	0,00240571 (0,00396979)	0,00310822 (0,00408248)
CO2[^]	0,184473 *** (0,040956)	0,218636 *** (0,0452579)	0,218486 *** (0,0452671)	0,209474 *** (0,0459018)
CO2^{^2}				-0,0808155 (0,0712164)
R&D	0,00362604 (0,0149536)	-0,00110315 (0,0155676)	-0,000859892 (0,015581)	-0,00151315 (0,0155869)
Capital	0,00718418 (0,00996929)	0,0109731 (0,0109109)	0,0110055 (0,0109129)	0,0104994 (0,0109155)
GDP	0,0677156 (0,0093353)	0,0582338 *** (0,00973046)	0,0583124 *** (0,0097413)	0,0509759 *** (0,0116912)
GNI per capita	0,0602313 *** (0,0111704)	0,0500625 *** (0,0120436)	0,050121 *** (0,0120479)	0,0523293 *** (0,0121998)
Trade Intensity	0,00369223 *** (0,00499568)	0,000865273 (0,00537388)	0,000875933 (0,00537487)	0,00146354 (0,00539416)
Oil Rent		-0,00437145 (0,0058768)	-0,00439379 (0,00587813)	-0,00387798 (0,00589126)
OECD			0,00238933 (0,00597249)	0,00240923 (0,00605874)
OPEC			0,00223475 (0,00536761)	0,00228662 (0,00545361)

Table 21 – Stime in differenze Ln e valori stimati delle Emissioni

L'idea è che sia proprio il livello di esternalità negative l'unità di misura dello sviluppo produttivo. Per confermare ulteriormente, come se ce ne fosse di bisogno, quanto detto, è stata fatta una nuova stima.

Utilizzando la quarta specificazione, ovvero quella più complessa, si è suddiviso il mondo nelle tre categorie, ovvero Paesi OECD, Paesi a livello di reddito medio-alto non dell'OECD, e Paesi a basso livello di reddito non afferenti l'OECD. Sono stati a questo punto considerati solamente il primo e il terzo cluster. Il motivo è che il cluster centrale avrebbe potuto distorcere il risultato essendo composto da paesi ricchi ma anche da paesi non sviluppati. In questo modo, invece, il primo gruppo è composto da 14 paesi molto ricchi ed avanzati in termini anche sociali, l'altro gruppo invece è composto da 19 paesi molto arretrati sotto tutti i punti di vista. In questa nuova e conclusiva versione dell'analisi, ci si trova di fronte ad un'ennesima conferma di quanto detto e visto sinora.

	Developed Countries	Undeveloped Countries
const	9,20505 *** (1,2827)	15,4734 *** (0,623385)
CO2	0,826163 *** (0,265558)	-1,09362 *** (0,151479)
CO2²	-0,0256272 * (0,0153802)	0,0872809 *** (0,00946843)
R&D	0,21143 *** (0,035671)	0,0724724 ** (0,0288051)
Capital	-0,0521178 (0,0645777)	0,0170529 *** (0,00495305)
Oil Rent	-0,00638301 (0,00938338)	-0,0253667 (0,0175424)
OPEC	-0,402049 (0,303474)	0,284604 *** (0,0625706)

Table 22 – Stime a livelli – Developed VS Undeveloped

I paesi sviluppati traggono profitto in termini di produttività del lavoro proprio da quelle emissioni negative che vengono generate dall'uso del petrolio. I paesi arretrati invece questo "bonus" non ce l'hanno. Nei paesi afferenti il secondo gruppo infatti, le emissioni di questo gas si comportano come tutti gli altri veleni finora visti e descritti, riducendo lo sforzo dei lavoratori a partecipare all'attività di produzione. Ciò spiegherebbe anche perché la stessa stima fatta a livello global porta con se risultati contrastanti, il motivo risiede nel fatto che i paesi Low Income Non OECD hanno un peso specifico importante in questa analisi e, soprattutto, nel mondo intero, essendo loro la maggioranza. Ci si trova di fronte, adesso, ad una verità profonda, latente e sostanzialmente già accettata nella società, anche se diventata quasi un tabù. Ai paesi ricchi l'inquinamento rende, poiché le emissioni, specificatamente ed esclusivamente Oil Pollution, sono un risultato di processi energy related.

Questa affermazione può essere ulteriormente stressata, arrivando a concludere che i ricchi sono diventati tali proprio perché hanno sporcato.

Chi scrive è perfettamente consapevole che una frase del genere, soprattutto oggi, non è spendibile né facile da comunicare. La verità che però fuoriesce incontrovertibile da questa stime è che il c.d. Environmental Productivity Effect, ovvero la riduzione di produttività causata da un pessimo livello della qualità ambientale, non funziona se a causare questa insalubrità sono state emissioni derivanti da processi altamente produttivi e necessari per l'economia, come lo sono tutte le trasformazioni che sfruttano il petrolio.

Conclusioni

Le conclusioni a cui si giunge sono diverse. Innanzitutto è possibile affermare che la EPE, ovvero sia la Environmental Productivity Effect, esiste anche a livello aggregato. L'ambiente influenza la capacità dei lavoratori di partecipare alla

produzione totale. Ciò sta a significare che, come già sostenuto nei precedenti studi microeconomici ed aziendali, la qualità del contesto esterno è un elemento che prende parte al processo di produzione totale.

La conclusione più importante è però senza dubbio un'altra e riguarda il segno del coefficiente. Finora, la letteratura ha mostrato come microeconomicamente le emissioni riducano sempre la produttività. A livello macroeconomico, invece, l'inquinamento aumenta la produttività del lavoro. Questa clamoroso cambio di segno, che passa da negativo a positivo, mantenendo un elevato livello di significatività, può essere spiegato solo ed esclusivamente osservando la natura delle emissioni studiate. L'Oil Pollution rappresenta tutto quell'inquinamento che proviene dallo sfruttamento di una precisa risorsa energetica, il petrolio. Essa quindi è un'esternalità negativa vera e propria. Produrre significa svilupparsi ma anche necessitare di energia per sostenere i sempre più importanti processi produttivi. L'energia così sfruttata ha però un evidente effetto ambientale, ovvero sia l'inquinamento. La terza conclusione è quindi che le emissioni rappresentino un effetto indesiderato ma chiaro dello sviluppo economico. Differenti tipi di sviluppo comportano differenti tipi di inquinamento e differenti inquinamenti comportano diversi risultati macroeconomici. Se un paese procede lungo il proprio percorso di sviluppo, richiederà maggiore energia. Ciò avviene sia perché il livello di ricchezza individuale cambia ma anche perché l'intero comparto industriale si modifica e vira verso settori ad alta intensità energetica. L'idea è quindi che l'inquinamento sia un male necessario che derivi direttamente dallo sviluppo e dal correlato avanzamento di alcuni settori industriali che fungono da traino all'intera economia, ad esempio i trasporti e il manifatturiero.

CAPITOLO V

Considerazioni finali

Simon Kuznets probabilmente non immaginava che il suo nome sarebbe diventato sinonimo di una relazione che lega indissolubilmente la qualità dell'economia con la qualità dell'ambiente. Una relazione che ci riguarda tutti nel profondo perché sappiamo, in fin dei conti, di avere una responsabilità. Un peso.

Alla luce di quanto detto nei capitoli precedenti, appare chiaro che il problema è quantomeno complesso e di non semplice soluzione. L'idea di base che ha caratterizzato la ricerca e la stesura di questo progetto è sempre stata quella di voler individuare e comprendere quali fossero le caratteristiche specifiche dell'inquinamento da petrolio. Questa idea non è mai stata, appunto, abbandonata ma si è evoluta ed è progredita. Nel corso dei mesi, appariva sempre più chiaro come non potesse essere sufficiente, né tantomeno innovativo, trattare delle cause che determinano l'Oil Pollution con i medesimi termini e valori già utilizzati nei trent'anni precedenti e che, comunque, non avevano portato a risultati univoci. D'altro canto, neppure tutte le domande che naturalmente venivano fuori e che riguardavano quali potessero essere gli effetti di questo fenomeno sulla produttività, erano state affrontate in modo da dissipare ogni dubbio. Erano, cioè, rimasti pendenti diversi dilemmi e interrogativi.

Il capitolo I "*Background*" è molto chiaro e semplice, qui vengono descritti i tre temi salienti dell'intera ricerca. All'interno di una struttura **Risorsa–Effetto–Risultato**, era infatti imprescindibile analizzare sia cosa questi tre fattori significassero, sia se essi fossero o meno caratterizzati da trend, variazioni o correlazioni. In questa prima parte vengono tracciati i punti necessari per comprendere l'importanza dei due successivi capitoli. Innanzitutto viene verificato come il processo di estrazione e produzione non sia caratterizzato da dinamiche concorrenziali ma che, invece, sia localizzato in determinate zone e che quindi soffra di un elevato livello di concentrazione. Qualunque sia, poi, il tipo di offerta di Oil analizzato, si può affermare che vi è stato un deciso e progressivo aumento nei barili giornalieri, sintomo di un mercato che per quanto non concorrenziale è comunque

sano e in crescita. L'analisi geografica per cluster informa che esistono delle sostanziali differenze e che, in generale, la Cina ed il continente americano (da nord a sud) riflette una richiesta maggiore di questo prodotto.

È altresì evidente come le emissioni di CO₂ da petrolio, che contano circa il 60% del totale dei gas serra, siano differenziate nel tempo e nello spazio. Se è vero, infatti, che il peso dell'elettricità prodotta da petrolio si è proporzionalmente ridotto per dare spazio alle nuove forme di energia alternativa, è vero anche che i paesi G8 continuano ad avere livelli di emissioni notevolissimi. Per definire la velocità o la tendenza verso il progresso dei contesti analizzati, lo strumento che è stato scelto è l'indicatore della produttività del lavoro e, più in particolare, il classico indice utilizzato dall'OECD.

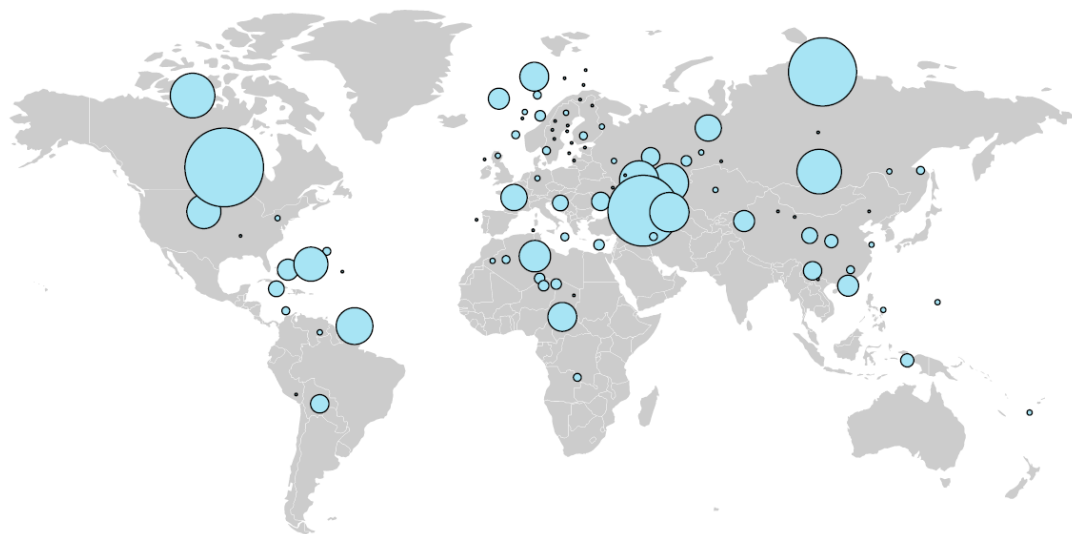


Figura 35 – Produzione di petrolio nel mondo (Bpd)

Il capitolo III *“Le Cause dell’Inquinamento”* giunge a innegabili risultati che, in qualche modo, offrono una visione nuova della tradizionale EKC. Il reddito procapite, a livello mondiale, gode di una relazione negativa con le emissioni, ciò significa che all’aumentare unitario del Ln dell’Income p.c., si potrà osservare una riduzione di 0.18 dell’Ln della concentrazione media delle emissioni nocive. A livelli elevati di ricchezza individuale questo discorso però non regge più, infatti la relazione cambia segno e a fronte di aumenti del reddito, le emissioni aumentano conseguentemente. A

conferma, l'essere partecipi all'OECD peggiora altresì la salubrità ambientale. Perciò in questa prima disamina, i paesi ricchi avrebbero dei problemi.

Quando viene suddiviso il panel in paesi sviluppati, paesi in via di sviluppo e paesi sottosviluppati, si nota subito un aspetto importante. I primi continuano ad avere diversi termini che partecipano attivamente all'inquinamento, tra cui per l'appunto il reddito individuale ma anche l'essere membro dell'OPEC e l'apertura commerciale. Anche, però, i paesi più indietro (Panel Low–Income Non–OECD) presentano alcune peculiarità. Infatti si nota come anche quasi tutti i valori considerati partecipano all'aumento dell'inquinamento, tra i quali è bene ricordare vi è l'apertura commerciale e l'appartenenza all'OPEC, proprio come i paesi sviluppati. L'unica grande differenza riguarda il reddito procapite. Questo valore infatti nei paesi sottosviluppati, incredibilmente, ha segno negativo e perciò migliora l'ambiente. Esso, per di più, diviene positivo e quindi deleterio per l'ambiente solo per valori alti.

La conclusione a cui si giunge leggendo questi risultati è chiara ma al contempo decisamente innovativa. Innanzitutto le EKC esiste anche nell'ambito dell'inquinamento da petrolio, nel senso che vi è una relazione statisticamente significativa e valida fra questi valori. L'elemento di innovatività consiste, semmai, nel fatto che essa sembra essere caratterizzata da una forma molto differente rispetto a quanto ipotizzato dalle ricerche inerenti altri tipi di inquinamento. Infatti questa curva, presenta nel tratto iniziale (quello cioè corrispondente ai paesi meno sviluppati) un'inclinazione negativa, nel tratto centrale (per i paesi in via di sviluppo) un'inclinazione fortemente negativa e, infine, nel tratto finale (per i paesi sviluppati) una inclinazione leggermente positiva. Essa, quindi, con un piccolo sforzo di fantasia, smette di essere la classica e rinomata "inverted U–shape" ma divenire una vera e propria U–shape.

La seconda grande conclusione è che questi due punti di massimo (tratto iniziale e tratto finale) possono essere spiegati, come ci suggerisce la letteratura, dai valori dell'apertura commerciale e dell'export di Crude Oil. Questi due indicatori, infatti, giovano all'ambiente solo nel tratto centrale, mentre sono colpevoli (cioè presentano un segno positivo) nel tratto dei paesi sottosviluppati ed in quello dei paesi avanzati. Ciò significa che i paesi socio-economicamente più arretrati vengono danneggiati dal commercio internazionale poiché queste risorse confluiscono lì da ogni parte del mondo a causa della mancanza di regolamentazione e un costo della manodopera più basso. D'altro canto anche i paesi più avanzati hanno degli svantaggi in termini ambientali, in questo caso però essi sono dovuti a due fattori: in primis al fatto che il livello di Capitale sia maggiore e in secondo luogo a causa dell'elevata richiesta di fonti energetiche per sostenere l'industria, soprattutto nel settore trasporti come analizzato nel capitolo Background. Quindi, contemporaneamente, valgono sia la PHH per cui i paesi arretrati vengono sfruttati, sia la FEH per cui i paesi ricchi assorbono e attirano maggiori risorse.

La terza conclusione è quindi relativa al fatto che il processo evolutivo rappresenta la chiave di lettura del fenomeno dell'inquinamento da petrolio. La domanda che si era posti all'inizio di questo progetto di ricerca era quale rilevanza potesse avere lo sviluppo di un paese nella sua attitudine a inquinare. Relativamente alla CO₂ emessa dall'uso del petrolio, è possibile affermare che è totale. L'intuizione non è quindi quella di valutare se vi è o meno un effetto ambientale, semmai verificare le motivazioni e le cause. La medesima risorsa, quindi, genera effetti molto simili in paesi sviluppati e in paesi sotto sviluppati, "lasciando" in un limbo i paesi in via di sviluppo.

Stressando non eccessivamente i risultati, si potrebbe arrivare a concludere che per passare allo stadio evolutivo successivo è necessario modificare il proprio approccio all'inquinamento. All'inizio ogni paese subisce gli effetti del commercio internazionale divenendo il cuore di processi produttivi "polluting intensive". A poco

a poco che tali processi vengono svolti, il paese ha l'opportunità di sfruttare economie di rete e di apprendimento e, attraverso queste, aumentare la ricchezza procapite dei propri cittadini. L'aumento di questa ricchezza fa passare ad un secondo stadio evolutivo. I cittadini inizieranno ad agire secondo quanto ipotizzato già dal movimento ambientale e da Lucas, e chiederanno quindi aria più pulita in funzione di un "banale" effetto reddito. In questa fase di mezzo, attraverso la globalizzazione il paese riuscirà a "spostare" su altri il peso della produzione ad alto impatto ambientale e continuerà a crescere economicamente. A questo punto ogni contesto economico si troverà di fronte al bivio se rimanere su questo livello o passare oltre al successivo stadio evolutivo. La differenza strutturale fra queste fasi consiste non tanto nel reddito individuale quanto nell'energia richiesta dal sistema economico nel suo insieme. I paesi più sviluppati sono quelli che necessitano di più energia. Se si decide quindi di aderire a comunità e organizzazioni internazionali (nel nostro caso l'OECD) e di passare ad un'economia dei servizi, significherà che la domanda di fonti energetiche aumenterà. Ciò comporterà inevitabilmente un aumento del petrolio consumato e del CO2 immesso nell'atmosfera. In questo stadio, quindi, aumenti di reddito procapite non hanno l'effetto di ridurre l'inquinamento, ma al contrario quello di aumentare la necessità di energia da consumare. Ecco spiegato il motivo per cui, in questa fase finale, aumenti dell'Income tendono a far aumentare, anche se di poco, il livello di emissioni. In quest'ultima fase, inoltre, anche l'apertura commerciale e l'eventuale dotazione di capitale partecipano a questo processo e quindi servono a soddisfare necessità energetiche sempre maggiori. La salubrità ambientale è perciò un bene la cui domanda aumenta in misura meno che proporzionale rispetto al reddito, esso cioè è un bene inferiore.

Il capitolo IV "*Gli Effetti dell'Inquinamento*" ha un approccio leggermente diverso, poiché differente è il problema. Oltretutto il metodo di analisi è assolutamente unico nel panorama mondiale della ricerca, essendo l'argomento dell'Environmental Productivity Effect (EPE) decisamente nuovo. La vera novità è un'altra e consiste nell'approccio macroeconomico che si è dato al problema e nel

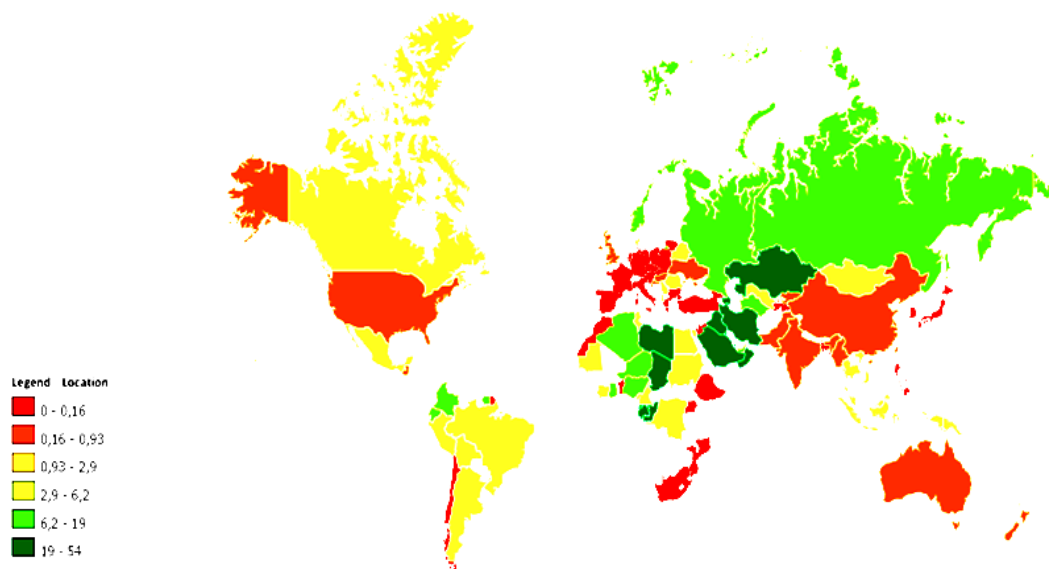
fatto che, anche in questo capitolo come in quello precedente, si è studiato esclusivamente l'Oil Pollution in quanto CO2.

I risultati, già discussi nel relativo paragrafo, appaiono coerenti e permettono di essere letti e compresi, desumendone importanti riflessioni. Come si è potuto osservare, le emissioni nocive tendono genericamente a rappresentare un aiuto in termini di produttività. Livelli, però, eccessivi di questi gas nell'aere, nonostante rappresentino un'esternalità negativa, a lungo andare comportano danni economici. L'unica eccezione appare quando si è suddiviso nuovamente il mondo tra paesi molto avanzati e paesi molto arretrati. Anche in questo caso le differenze sono sostanziali e strutturali. In questi contesti, infatti, le emissioni giocano un ruolo speculare. A bassi livelli, nei paesi ricchi, aiutano la produttività mentre nei paesi poveri le riducono fortemente. Ad alti livelli, nei paesi sviluppati, queste emissioni hanno segno negativo mentre nei paesi poveri segno positivo. Il valore degli investimenti in R&D non è sempre coerente, è possibile però notare che in linea di massima esso assuma un valore positivo e significativo quando vengono analizzati i cluster economici a livello e negativo e significativo quando viene analizzato il panel global a livello ma con valori stimati delle emissioni. Il livello di capitale ha un segno esclusivamente (o quasi) positivo, il che significa che alti investimenti in Fixed Capital aiutano ed aumentano la produttività del lavoro. Al contrario la rendita da petrolio non aiuta mai la produttività e tende, invece, a ridurla. Partecipare all'OECD ha sempre valori positivi, come era lecito aspettarsi. Infine partecipare all'OPEC ha segni cangianti ma tendenzialmente positivi.

La prima, grande, conclusione a cui si giunge quindi riguarda l'interrogativo sull'esistenza o meno dell'effetto ambientale sulla produttività. La risposta è affermativa, ovvero sia che anche a livello macroeconomico e precipuamente per l'inquinamento da petrolio, esiste una relazione valida e significativa. Come era facilmente ipotizzabile, infatti, il contesto esterno ha sempre un effetto sulla capacità, sulla spinta, dei lavoratori a procedere.

La seconda conclusione, attiene invece al segno di questa relazione. Dopo questa attenta analisi è possibile infatti affermare che la relazione è genericamente positiva, ma che se si va a suddividere il mondo tra paesi molto ricchi e molto poveri, allora sono visibili delle importanti differenze. Ciò avviene – e ci si collega alla terza conclusione a cui si giunge – poiché la fase di sviluppo in cui un paese si trova, comporta delle difformità strutturali, ecco spiegato il motivo per cui le emissioni non possono influenzare la produttività nella medesima maniera. L'intuizione che sta dietro questa affermazione, al di là delle stime econometriche, è chiara: differenti livelli di sviluppo comportano differenti tipi di inquinamento, da ciò si deduce che differenti inquinamenti non possono che comportare diversi risultati macroeconomici.

Figura 36 – Oil Rents sul GDP



Nel sistema Risorsa–Effetto–Risultato Macroeconomico quindi, l'ultimo elemento è certamente caratterizzato dal tipo di effetto inquinante considerato. Dato che, come si è potuto ampiamente vedere in precedenza, sussiste una relazione ad U per cui paesi molto ricchi e paesi molto poveri hanno diversi, ma parimenti importanti, spinte che portano all'aumento di CO₂, allora è comprensibile il motivo per cui questi gas implicheranno risultati opposti nelle varie economie.

Tutto ciò avviene per un semplice fatto. Nei paesi sviluppati le emissioni sono chiaramente *energy-related*, per cui derivano da processi e da consumi che permettono agli operatori di mercato di essere più produttivi (banalmente arrivando prima con la macchina). Questo fenomeno va letto in chiave globale, per cui è evidente che possono sorgere delle incongruità quando si analizza il panel totale. Quando però si procede alla suddivisione per fasi di sviluppo economico, ci si rende conto che invece i paesi più arretrati, hanno un inquinamento che nulla ha a che fare con la propria esigenza di energia, quanto invece alla necessità dei vettori privati di posizionarsi in modo efficiente e di sfruttare eventuali economie di posizione e di rendita. Se si osserva, inoltre, il modello che utilizza i valori stimati di CO2 e che attraverso il processo della Exclusion Restriction permette di isolare l'effetto della dotazione di capitale, comunque i risultati non cambiano. L'inquinamento è un male necessario. Se l'obiettivo è aumentare la produttività, i sistemi economici scommetteranno sui settori industriali ad alta intensità energetica e ciò si tradurrà inevitabilmente in un maggior livello di emissioni tossiche. Esiste quindi un trade-off tra la qualità ambientale e lo sviluppo che ognuno di noi è chiamato a valutare e, nel proprio piccolo, scegliere. Quando si sogna l'isola deserta, con il mare cristallino e l'aria pulita, non si tiene conto che Robinson Crusoe vestiva di stracci e mangiava solo noci di cocco. L'occidente si è quindi incamminato, prima degli altri, in questo pattern evolutivo per il quale all'inizio si inquina tanto ma si è poco produttivi, dopodiché si passa al secondo stadio in cui si riduce il livello di inquinamento, si diventa più ricchi ma ancora non si è molto produttivi, infine si raggiunge l'ultimo stadio evolutivo in cui il sistema economico richiede molta energia ed è altamente produttivo ma ciò comporta anche alti livelli di inquinamento. Tutta questa tesi gira intorno a questo trade-off quindi.

Il messaggio positivo, infine, c'è. Nessuno poteva immaginare 50 anni fa l'esistenza di questo terzo stadio che noi, paesi ricchi, stiamo vivendo adesso. Presumibilmente nessuno può immaginare, oggi, la quarta fase di uno sviluppo che un domani verrà.

CAPITOLO VI

Tabelle

In questo capitolo vengono espone tutte le stime effettuate e vengono mostrati tutti gli output informativi utili che, nei capitoli precedenti, erano stati solo sintetizzati. Il capitolo è suddiviso in tre parti: la prima riferita al capitolo III, la seconda riferita alle stime del capitolo IV, infine, la terza “appendice” che contiene alcune di quelle analisi che sono state fatte nel corso del tempo ma che si è deciso di non portare avanti.

Modelli EKC e Dotazione di Capitale

In questa prima parte di tabelle, sono esposti tutti gli output delle stime fatte nel capitolo III “Le Cause dell’Inquinamento”. Per comodità è stata definita come EKC modificata, richiamando in tal modo l’intera letteratura sopracitata. Questo primo paragrafo è suddiviso in funzione del tipo di panel utilizzato.

Per ogni panel, poi, vengono espone tutte le specificazioni analizzate. I panel sono 5, ovvero sia: il panel global, il panel OECD members, il panel OECD non members ed, infine, i due sottogruppi afferenti quest’ultimo ovvero i panel OECD non members con alto livello di reddito procapite e quello con un basso livello. Le specificazioni sono complessivamente 4:

- 1) $E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}TI_{ij} + \beta_{4ij}K_{ij}$
- 2) $E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}TI_{ij} + \beta_{4ij}K_{ij} + \beta_{5ij}D1_{ij}$
- 3) $E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}(I_{ij})^2 + \beta_{4ij}TI_{ij} + \beta_{5ij}K_{ij} + \beta_{6ij}D1_{ij}$
- 4) $E_{ij} = \beta_{0ij} + \beta_{1ij}Y_{ij} + \beta_{2ij}I_{ij} + \beta_{3ij}(I_{ij})^2 + \beta_{4ij}TI_{ij} + \beta_{5ij}K_{ij} + \beta_{6ij}D1_{ij} + \beta_{7ij}D2_{ij}$

Per ogni panel analizzato, sono stati eseguiti i test di collinearità e il test Reset. Inoltre è stata portata avanti la c.d. *Diagnosi Panel*, che attraverso ulteriori test, specifica quale metodo di stima sia preferibile. Complessivamente sono stati analizzati in questo paragrafo, 36 modelli differenti.

Panel Global – Specificazione 1

Modello 1: Pooled OLS, usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-0,0527477	0,303735	-0,1737	0,8622	
I_GDPatconstant2005US	0,221048	0,0303397	7,2858	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0639576	0,0147456	4,3374	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,19615	0,0172757	11,3541	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilINGPLandOt	0,220157	0,0127511	17,2657	<0,0001	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	2436,748		E.S. della regressione	1,209757	
R-quadro	0,192078		R-quadro corretto	0,190137	
F(4, 1665)	98,96048		P-value(F)	1,24e-75	
Log-verosimiglianza	-2685,124		Criterio di Akaike	5380,249	
Criterio di Schwarz	5407,352		Hannan-Quinn	5390,292	
rho	0,837083		Durbin-Watson	0,291324	

Test di White per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: eteroschedasticità non presente

Statistica test: LM = 77,5392

con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(14) > 77,5392) = 8,07149e-011$

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 51,0741

con p-value = $8,11715e-012$

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: F = 4,816055,

con p-value = $P(F(2,1663) > 4,81606) = 0,00821$

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: F = 0,158379,

con p-value = $P(F(1,1664) > 0,158379) = 0,691$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)
 Statistica test: $F = 0,030946$,
 con $p\text{-value} = P(F(1,1664) > 0,0309456) = 0,86$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)
 Valore minimo possibile = 1.0
 Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatconstant2005US	1,029
I_PercapitaGNIUSDollars	1,028
I_TradeintensityDegree	1,178
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	1,186

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

	— proporzioni della varianza —					
lambda	cond	const	GDP~	Perc~	Trade~	Prod~
4,700	1,000	0,000	0,001	0,001	0,005	0,005
0,204	4,798	0,000	0,000	0,000	0,242	0,372
0,061	8,768	0,012	0,087	0,036	0,709	0,523
0,027	13,102	0,000	0,385	0,490	0,009	0,034
0,007	26,197	0,987	0,527	0,473	0,035	0,066

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $573,185/(1670 - 54) = 0,354694$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(49, 1616) = 107,225$ con $p\text{-value} = 0$ (un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 14720,5$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 14720,5) = 0$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 1,09303

within = 0,354694

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

H = 12,088 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(4) > 12,088) = 0,0167088$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 2: Effetti fissi, usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	3,13713	0,288203	10,8851	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,0185527	0,0306405	-0,6055	0,5449	
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0436381	0,015398	2,8340	0,0047	***
I_TradeintensityDegree	0,00379779	0,0145344	0,2613	0,7939	
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,124685	0,0167422	7,4474	<0,0001	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	573,1855		E.S. della regressione	0,595562	
R-quadro LSDV	0,809956		R-quadro intra-gruppi	0,039750	
LSDV F(53, 1616)	129,9490		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	-1476,704		Criterio di Akaike	3061,408	
Criterio di Schwarz	3354,119		Hannan-Quinn	3169,867	
rho	0,446216		Durbin-Watson	0,929885	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(4, 1616) = 16,7236$

con p-value = $P(F(4, 1616) > 16,7236) = 1,93504e-013$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(49, 1616) = 107,225$

con p-value = $P(F(49, 1616) > 107,225) = 0$

Modello 3: Effetti casuali (GLS), usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	3,02811	0,32118	9,4281	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,0104773	0,0302325	-0,3466	0,7289	
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0444292	0,0151831	2,9262	0,0034	***
I_TradeintensityDegree	0,00869739	0,0144219	0,6031	0,5465	
I_ProductionofCrudeOilINGPLandOt	0,127891	0,0162251	7,8823	<0,0001	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	2718,265		E.S. della regressione	1,277346	
Log-verosimiglianza	-2776,414		Criterio di Akaike	5562,829	
Criterio di Schwarz	5589,932		Hannan-Quinn	5572,871	

Varianza 'between' = 1,09303

Varianza 'within' = 0,354694

theta medio = 0,901378

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 74,4591

con p-value = 2,593e-015

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 14720,5

con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 12,088

con p-value = 0,0167088

Panel Global – Specificazione 2

Modello 4: Pooled OLS, usando 1670 osservazioni
 Includere 50 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35
 Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-0,181398	0,303214	-0,5983	0,5498	
I_GDPatconstant2005US	0,225862	0,0301764	7,4847	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0644134	0,0146577	4,3945	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,201174	0,0172072	11,6913	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilINGPLandOt	0,25372	0,0146299	17,3425	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	-0,324	0,0705319	-4,5937	<0,0001	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	2406,234		E.S. della regressione	1,202520	
R-quadro	0,202195		R-quadro corretto	0,199798	
F(5, 1664)	84,34455		P-value(F)	3,96e-79	
Log-verosimiglianza	-2674,602		Criterio di Akaike	5361,204	
Criterio di Schwarz	5393,728		Hannan-Quinn	5373,255	
rho	0,829460		Durbin-Watson	0,306038	

Test di White per l'eteroschedasticità –
 Ipotesi nulla: eteroschedasticità non presente
 Statistica test: LM = 90,7316
 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(19) > 90,7316) = 2,46052e-011$

Test per la normalità dei residui –
 Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente
 Statistica test: Chi-quadro(2) = 73,3262
 con p-value = $1,19513e-016$

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)
 Statistica test: F = 10,012763,
 con p-value = $P(F(2,1662) > 10,0128) = 4,76e-005$

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)
 Statistica test: F = 0,266977,

con p-value = $P(F(1,1663) > 0,266977) = 0,605$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 0,034275$,

con p-value = $P(F(1,1663) > 0,0342748) = 0,853$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatconstant2005US	1,030
I_PercapitaGNIUSDollars	1,028
I_TradeintensityDegree	1,183
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	1,580
DOPECandBigExporters_1	1,363

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

— proporzioni della varianza —							
lambda	cond	const	GDP~	Perc~	Trade~	Prod~	OPEC~
5,168	1,000	0,000	0,001	0,001	0,004	0,003	0,009
0,586	2,970	0,000	0,001	0,001	0,019	0,004	0,605
0,156	5,762	0,000	0,000	0,001	0,319	0,294	0,281
0,056	9,566	0,010	0,095	0,032	0,611	0,589	0,095
0,027	13,755	0,000	0,376	0,496	0,010	0,038	0,003
0,007	27,566	0,988	0,527	0,468	0,038	0,072	0,007

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

Varianza dei residui: $569,931/(1670 - 55) = 0,352898$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(49, 1615) = 106,194$ con p-value 0

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 14304,3$ con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 14304,3) = 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 1,09211

within = 0,352898

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

$H = 14,9608$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(5) > 14,9608) = 0,0105311$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 5: Effetti fissi, usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	3,2947	0,292118	11,2787	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,0162914	0,0305719	-0,5329	0,5942	
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0447054	0,015363	2,9099	0,0037	***
I_TradeintensityDegree	0,00396567	0,0144977	0,2735	0,7845	
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOils	0,128865	0,0167564	7,6905	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	-0,542716	0,178709	-3,0369	0,0024	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	569,9308		E.S. della regressione	0,594052	
R-quadro LSDV	0,811035		R-quadro intra-gruppi	0,045202	
LSDV F(54, 1615)	128,3623		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	-1471,949		Criterio di Akaike	3053,898	
Criterio di Schwarz	3352,030		Hannan-Quinn	3164,366	
rho	0,441318		Durbin-Watson	0,938658	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(5, 1615) = 15,2915$

con $p\text{-value} = P(F(5, 1615) > 15,2915) = 1,03802e-014$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(49, 1615) = 106,194$
 con p-value = $P(F(49, 1615) > 106,194) = 0$

Modello 6: Effetti casuali (GLS), usando 1670 osservazioni
 Include 50 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35
 Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	3,13674	0,323161	9,7064	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,00922412	0,0301782	-0,3057	0,7599	
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0452756	0,0151572	2,9871	0,0028	***
I_TradeintensityDegree	0,0086035	0,0143939	0,5977	0,5500	
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOthers_1	0,134047	0,0163532	8,1970	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	-0,425327	0,156423	-2,7191	0,0065	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	2745,302		E.S. della regressione	1,284068	
Log-verosimiglianza	-2784,679		Criterio di Akaike	5581,357	
Criterio di Schwarz	5613,881		Hannan-Quinn	5593,408	

Varianza 'between' = 1,09211

Varianza 'within' = 0,352898

theta medio = 0,901585

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(5) = 82,115

con p-value = 3,02809e-016

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 14304,3

con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(5) = 14,9608

con p-value = 0,0105311

Panel Global – Specificazione 3

Modello 7: Pooled OLS, usando 1670 osservazioni
 Includere 50 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35
 Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	0,765015	0,662401	1,1549	0,2483	
I_GDPatconstant2005US	0,230985	0,0303302	7,6157	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,0792818	0,0906211	-0,8749	0,3818	
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,00509548	0,00509548	1,6068	0,1083	
I_TradeintensityDegree	0,202375	0,0172152	11,7556	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilINGPLandOt	0,252425	0,0146452	17,2360	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	-0,30332	0,0716636	-4,2326	<0,0001	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	2402,504		E.S. della regressione	1,201949	
R-quadro	0,203432		R-quadro corretto	0,200558	
F(6, 1663)	70,78424		P-value(F)	1,07e-78	
Log-verosimiglianza	-2673,307		Criterio di Akaike	5360,614	
Criterio di Schwarz	5398,558		Hannan-Quinn	5374,673	
rho	0,830303		Durbin-Watson	0,305003	

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 72,88 con p-value = 1,49382e-016

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(50) = 41923 con p-value = 0

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: F = 9,336978,

con p-value = P(F(2,1661) > 9,33698) = 9,28e-005

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: $F = 0,423775$, con $p\text{-value} = P(F(1,1662) > 0,423775) = 0,515$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 0,112244$, con $p\text{-value} = P(F(1,1662) > 0,112244) = 0,738$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatconstant2005US	1,041
I_PercapitaGNIUSDollars	39,346
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	39,449
I_TradeintensityDegree	1,185
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	1,585
DOPECandBigExporters_1	1,409

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti;

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

lambda	— proporzioni della varianza —								
	cond	const	GDP~	Perc~	Persq~	Tradei~	Prod~	OPEC~	
6,076	1,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,002	0,006	
0,601	3,178	0,000	0,001	0,000	0,000	0,013	0,006	0,585	
0,159	6,184	0,000	0,000	0,000	0,001	0,360	0,234	0,227	
0,099	7,842	0,001	0,020	0,000	0,015	0,049	0,209	0,080	
0,054	10,637	0,003	0,180	0,000	0,001	0,510	0,430	0,062	
0,010	24,161	0,097	0,797	0,004	0,015	0,064	0,113	0,006	
0,000	121,144	0,899	0,001	0,995	0,968	0,001	0,006	0,035	

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $568,245/(1670 - 56) = 0,352072$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(49, 1614) = 106,324$ con $p\text{-value} = 0$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch–Pagan:

LM = 14277,3 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 14277,3) = 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 1,11528

within = 0,352072

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

H = 15,2402 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(6) > 15,2402) = 0,0184687$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 8: Effetti fissi, usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	4,64007	0,680467	6,8189	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,0175807	0,0305418	-0,5756	0,5649	
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,179793	0,103721	-1,7334	0,0832	*
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,00926652	0,00423415	2,1885	0,0288	**
I_TradeintensityDegree	0,00142472	0,00142472	0,0981	0,9219	
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,127144	0,0167552	7,5883	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	-0,540666	0,178502	-3,0289	0,0025	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	568,2446		E.S. della regressione	0,593357	
R-quadro LSDV	0,811594		R-quadro intra-gruppi	0,048027	
LSDV F(55, 1614)	126,4112		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	-1469,475		Criterio di Akaike	3050,950	
Criterio di Schwarz	3354,502		Hannan-Quinn	3163,426	
rho	0,441185		Durbin-Watson	0,938876	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(6, 1614) = 13,5711$

con p-value = $P(F(6, 1614) > 13,5711) = 4,4526e-015$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –
 Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune
 Statistica test: $F(49, 1614) = 106,324$
 con p-value = $P(F(49, 1614) > 106,324) = 0$

Modello 9: Effetti casuali (GLS), usando 1670 osservazioni
 Includere 50 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35
 Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	4,36779	0,674011	6,4803	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,00986276	0,0301478	-0,3271	0,7436	
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,159052	0,0995275	-1,5981	0,1100	
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,00837756	0,00403347	2,0770	0,0378	**
I_TradeintensityDegree	0,00629602	0,0144162	0,4367	0,6623	
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,132324	0,0163586	8,0890	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	-0,419846	0,156666	-2,6799	0,0074	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	2758,911		E.S. della regressione	1,287633	
Log-verosimiglianza	-2788,808		Criterio di Akaike	5591,615	
Criterio di Schwarz	5629,559		Hannan-Quinn	5605,675	

Varianza 'between' = 1,11528

Varianza 'within' = 0,352072

theta medio = 0,902715

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 86,5016 con p-value = 1,61233e-016

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 14277,3 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 15,2402 con p-value = 0,0184687

Panel Global – Specificazione 4

Modello 10: Pooled OLS, usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	2,74044	0,593799	4,6151	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	0,166493	0,0270273	6,1602	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,189315	0,0804141	-2,3542	0,0187	**
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,00354039	0,00280919	1,2603	0,2077	
I_TradeintensityDegree	0,102655	0,0159403	6,4400	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,257903	0,0129716	19,8821	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	-0,0178265	0,064847	-0,2749	0,7834	
DOECDmembership_2	1,55297	0,0725163	21,4154	<0,0001	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	1882,922		E.S. della regressione	1,064390	
R–quadro	0,375703		R–quadro corretto	0,373074	
F(7, 1662)	142,8850		P–value(F)	4,9e–165	
Log–verosimiglianza	-2469,828		Criterio di Akaike	4955,657	
Criterio di Schwarz	4999,021		Hannan–Quinn	4971,725	
rho	0,805084		Durbin–Watson	0,350653	

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi–quadrato(2) = 136,101 con p–value = 2,79321e–030

Test di non linearità (logaritmi) –

Ipotesi nulla: la relazione è lineare

Statistica test: LM = 0,00827712 con p–value = P(Chi–quadrato(1) > 0,00827712) = 0,92751

Test non–parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi–quadrato(50) = 238442 con p–value = 0

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: $F = 12,221263$, con $p\text{-value} = P(F(2,1660) > 12,2213) = 5,38e-006$

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: $F = 21,975302$, con $p\text{-value} = P(F(1,1661) > 21,9753) = 2,99e-006$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 20,684950$, con $p\text{-value} = P(F(1,1661) > 20,685) = 5,81e-006$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatconstant2005US	1,054
I_PercapitaGNIUSDollars	39,507
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	39,476
I_TradeintensityDegree	1,296
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	1,586
DOPECandBigExporters_1	1,471
DOECDmembership_2	1,537

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

— proporzioni della varianza —									
lambda	cond	const	GDP~	Perc~	PerSq~	Trade~	Prod~	OPEC~	OECD~
6,397	1,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,005	0,004
0,897	2,671	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,006	0,171	0,291
0,404	3,980	0,000	0,003	0,000	0,000	0,010	0,000	0,495	0,417
0,156	6,403	0,000	0,001	0,000	0,001	0,354	0,208	0,155	0,015
0,085	8,673	0,000	0,008	0,001	0,015	0,045	0,389	0,059	0,137
0,051	11,218	0,003	0,213	0,000	0,004	0,488	0,287	0,061	0,066
0,010	25,600	0,103	0,774	0,004	0,021	0,100	0,102	0,015	0,065
0,000	124,605	0,894	0,000	0,995	0,958	0,000	0,006	0,038	0,005

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $566,746/(1670 - 57) = 0,351362$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(49, 1613) = 76,4475$ con $p\text{-value} 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

LM = 11138,3 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 11138,3) = 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 0,802673

within = 0,351362

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

H = 30,44 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(7) > 30,44) = 7,88375e-005$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 11: Effetti fissi, usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	4,61774	0,679866	6,7921	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,0251584	0,0307308	-0,8187	0,4131	
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,175235	0,10364	-1,6908	0,0911	*
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,00885858	0,00423449	2,0920	0,0366	**
I_TradeintensityDegree	0,00287699	0,0145295	0,1980	0,8431	
I_ProductionofCrudeOilINGPLandOt	0,126683	0,0167398	7,5678	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	-0,537248	0,17833	-3,0127	0,0026	***
DOECDmembership_2	0,27097	0,131222	2,0650	0,0391	**
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	566,7463		E.S. della regressione	0,592758	
R-quadro LSDV	0,812091		R-quadro intra-gruppi	0,050537	
LSDV F(56, 1613)	124,4811		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	-1467,270		Criterio di Akaike	3048,541	
Criterio di Schwarz	3357,514		Hannan-Quinn	3163,026	
rho	0,440803		Durbin-Watson	0,939652	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(7, 1613) = 12,2651$ con $p\text{-value} = P(F(7, 1613) > 12,2651) = 2,33176e-015$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(49, 1613) = 76,4475$ con $p\text{-value} = P(F(49, 1613) > 76,4475) = 0$

Modello 12: Effetti casuali (GLS), usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: $I_CO2Emissions$

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	4,20363	0,663669	6,3339	<0,0001	***
$I_GDPatconstant2005US$	-0,0188522	0,0302655	-0,6229	0,5334	
$I_PercapitaGNIUSDollars$	-0,13706	0,0984496	-1,3922	0,1639	
$sq_I_PercapitaGNIUSDollars$	0,00704558	0,00398695	1,7672	0,0772	*
$I_TradeintensityDegree$	0,00919027	0,0144096	0,6378	0,5236	
$I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt$	0,134487	0,0162584	8,2718	<0,0001	***
$DOPECandBigExports_1$	-0,358359	0,151001	-2,3732	0,0176	**
$DOECDmembership_2$	0,423284	0,122158	3,4650	0,0005	***
Media var. dipendente	4,326923		SQM var. dipendente	1,344288	
Somma quadr. residui	2473,072		E.S. della regressione	1,219473	
Log-verosimiglianza	-2697,480		Criterio di Akaike	5410,959	
Criterio di Schwarz	5454,324		Hannan-Quinn	5427,028	

Varianza 'between' = 0,802673

Varianza 'within' = 0,351362

theta medio = 0,885653

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 100,444 con $p\text{-value} = 8,73325e-019$

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 11138,3 con $p\text{-value} = 0$

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 30,44 con $p\text{-value} = 7,88375e-005$

Panel OECD Members – Specificazione 1

Modello 13: Pooled OLS, usando 515 osservazioni

Incluse 15 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	0,122727	0,59342	0,2068	0,8362	
I_GDPatConstant2005US	0,297746	0,0606625	4,9082	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0375185	0,0229282	1,6363	0,1024	
I_TradeintensityDegree	0,199506	0,0276593	7,2130	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,355536	0,0220974	16,0895	<0,0001	***
Media var. dipendente	5,072717		SQM var. dipendente	1,298439	
Somma quadr. residui	550,3839		E.S. della regressione	1,038838	
R-quadro	0,364874		R-quadro corretto	0,359893	
F(4, 510)	73,24772		P-value(F)	5,04e-49	
Log-verosimiglianza	-747,8640		Criterio di Akaike	1505,728	
Criterio di Schwarz	1526,949		Hannan-Quinn	1514,044	
rho	0,882157		Durbin-Watson	0,274314	

Test di White per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: eteroschedasticità non presente

Statistica test: LM = 107,776 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(14) > 107,776) = 1,5084e-016$

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(15) = 5049,65 con p-value = 0

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 18,6638 con p-value = 8,85541e-005

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: F = 7,822731 con p-value = $P(F(2,508) > 7,82273) = 0,000451$

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: F = 3,314925, con p-value = $P(F(1,509) > 3,31493) = 0,0692$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 4,277614$, con $p\text{-value} = P(F(1,509) > 4,27761) = 0,0391$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatConstant2005US	1,441
I_PercapitaGNIUSDollars	1,502
I_TradeintensityDegree	1,308
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	1,305

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

— proporzioni della varianza —

lambda	cond	const	GDPa~	Perc~	Trade~	Prod~
4,690	1,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,006
0,218	4,637	0,000	0,002	0,000	0,111	0,430
0,047	9,998	0,008	0,006	0,216	0,406	0,465
0,041	10,748	0,003	0,317	0,054	0,407	0,088
0,004	33,347	0,989	0,674	0,729	0,072	0,013

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $77,4818/(515 - 19) = 0,156213$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(14, 496) = 216,235$ con $p\text{-value} 9,73994e-201$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 5460,41$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 5460,41) = 0$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 1,19888

within = 0,156213

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

$H = 7,34587$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(4) > 7,34587) = 0,118701$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 14: Effetti fissi, usando 515 osservazioni

Incluse 15 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	2,75932	0,446923	6,1740	<0,0001	***
I_GDPatConstant2005US	0,236906	0,078266	3,0269	0,0026	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,062252	0,0193682	3,2141	0,0014	***
I_TradeintensityDegree	0,0200277	0,0173004	1,1576	0,2476	
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,0202002	0,0260794	0,7746	0,4390	
Media var. dipendente	5,072717		SQM var. dipendente	1,298439	
Somma quadr. residui	77,48175		E.S. della regressione	0,395238	
R-quadro LSDV	0,910589		R-quadro intra-gruppi	0,057403	
LSDV F(18, 496)	280,6325		P-value(F)	1,7e-246	
Log-verosimiglianza	-243,0163		Criterio di Akaike	524,0326	
Criterio di Schwarz	604,6718		Hannan-Quinn	555,6352	
rho	0,269418		Durbin-Watson	1,136368	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(4, 496) = 7,55138$

con $p\text{-value} = P(F(4, 496) > 7,55138) = 6,54309e-006$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(14, 496) = 216,235$ con $p\text{-value} = P(F(14, 496) > 216,235) = 9,73994e-201$

Modello 15: Effetti casuali (GLS), usando 515 osservazioni

Incluse 15 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	2,66525	0,526234	5,0648	<0,0001	***
I_GDPatConstant2005US	0,238024	0,0760365	3,1304	0,0017	***
I_PercapitaGNIUSDo llars	0,0624842	0,0190937	3,2725	0,0011	***
I_TradeintensityDegree	0,0213693	0,0172876	1,2361	0,2164	
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,0322931	0,0256266	1,2601	0,2076	
Media var. dipendente	5,072717		SQM var. dipendente	1,298439	
Somma quadr. residui	784,7200		E.S. della regressione	1,239216	
Log-verosimiglianza	-839,2021		Criterio di Akaike	1688,404	
Criterio di Schwarz	1709,625		Hannan-Quinn	1696,721	

Varianza 'between' = 1,19888

Varianza 'within' = 0,156213

theta medio = 0,938358

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 31,6565 con p-value = 2,2486e-006

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 5460,41 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 7,34587 con p-value = 0,118701

Panel OECD Members – Specificazione 2

Modello 16: Pooled OLS, usando 515 osservazioni

Incluse 15 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-1,08006	0,623078	-1,7334	0,0836	*
I_GDPatConstant2005US	0,284218	0,0592209	4,7993	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0697245	0,0231999	3,0054	0,0028	***
I_TradeintensityDegree	0,240231	0,028085	8,5537	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	0,246719	0,0300071	8,2220	<0,0001	***
OPECandBigExporters	0,926949	0,177859	5,2117	<0,0001	***
Media var. dipendente	5,072717		SQM var. dipendente	1,298439	
Somma quadr. residui	522,5015		E.S. della regressione	1,013176	
R-quadro	0,397050		R-quadro corretto	0,391127	
F(5, 509)	67,03652		P-value(F)	9,37e-54	
Log-verosimiglianza	-734,4770		Criterio di Akaike	1480,954	
Criterio di Schwarz	1506,419		Hannan-Quinn	1490,934	
rho	0,874664		Durbin-Watson	0,284638	

Test di White per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: eteroschedasticità non presente

Statistica test: LM = 86,0697 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(19) > 86,0697) = 1,63586e-010$

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(15) = 5095,89 con p-value = 0

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 38,9742 con p-value = 3,44239e-009

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: F = 10,676647, con p-value = $P(F(2,507) > 10,6766) = 2,87e-005$

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: F = 0,600676, con p-value = $P(F(1,508) > 0,600676) = 0,439$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 1,170347$,
 con $p\text{-value} = P(F(1,508) > 1,17035) = 0,28$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)
 Valore minimo possibile = 1.0
 Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatConstant2005US	1,444
I_PercapitaGNIUSDollars	1,617
I_TradeintensityDegree	1,418
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	2,530
OPECandBigExporters	2,576

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

— proporzioni della varianza —							
lambda	cond	const	GDP~	Perc~	Trade~	Prod~	OPEC~
5,617	1,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
0,256	4,680	0,000	0,003	0,000	0,097	0,125	0,022
0,052	10,390	0,001	0,084	0,182	0,005	0,044	0,168
0,046	11,109	0,008	0,042	0,049	0,629	0,435	0,030
0,025	14,954	0,000	0,319	0,014	0,146	0,363	0,652
0,004	38,701	0,990	0,552	0,754	0,121	0,031	0,127

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $77,4818/(515 - 19) = 0,156213$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(13, 496) = 219,138$ con $p\text{-value} 6,24244e-196$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 5395,74$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 5395,74) = 0$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 1,22745

within = 0,156213

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

$H = 4,07395$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(4) > 4,07395) = 0,39609$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 17: Effetti fissi, usando 515 osservazioni

Incluse 15 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	2,75932	0,446923	6,1740	<0,0001	***
I_GDPatConstant2005US	0,236906	0,078266	3,0269	0,0026	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,062252	0,0193682	3,2141	0,0014	***
I_TradeintensityDegree	0,0200277	0,0173004	1,1576	0,2476	
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,0202002	0,0260794	0,7746	0,4390	
Media var. dipendente	5,072717		SQM var. dipendente	1,298439	
Somma quadr. residui	77,48175		E.S. della regressione	0,395238	
R-quadro LSDV	0,910589		R-quadro intra-gruppi	0,057403	
LSDV F(18, 496)	280,6325		P-value(F)	1,7e-246	
Log-verosimiglianza	-243,0163		Criterio di Akaike	524,0326	
Criterio di Schwarz	604,6718		Hannan-Quinn	555,6352	
rho	0,269418		Durbin-Watson	1,136368	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(4, 496) = 7,55138$ con $p\text{-value} = P(F(4, 496) > 7,55138) = 6,54309e-006$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(13, 496) = 219,138$ con $p\text{-value} = P(F(13, 496) > 219,138) = 6,24244e-196$

Modello 18: Effetti casuali (GLS), usando 515 osservazioni

Incluse 15 Unità cross section
Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35
Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	1,00502	0,999311	1,0057	0,3146	
I_GDPatConstant2005US	0,2363	0,0758563	3,1151	0,0018	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0623632	0,019041	3,2752	0,0011	***
I_TradeintensityDegree	0,0221946	0,0172403	1,2874	0,1980	
I_ProductionofCrudeOilINGPLands	0,0246561	0,0258338	0,9544	0,3399	
OPECandBigExporters	1,41906	0,725262	1,9566	0,0504	*
Media var. dipendente	5,072717		SQM var. dipendente	1,298439	
Somma quadr. residui	631,4785		E.S. della regressione	1,112741	
Log-verosimiglianza	-783,2568		Criterio di Akaike	1578,514	
Criterio di Schwarz	1603,979		Hannan-Quinn	1588,493	

Varianza 'between' = 1,22745

Varianza 'within' = 0,156213

theta medio = 0,939077

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(5) = 35,6417 con p-value = 1,12013e-006

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 5395,74 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 4,07395 con p-value = 0,39609

Panel OECD Non-Members – Specificazione 1

Modello 19: Pooled OLS, usando 1155 osservazioni

Incluse 35 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	2,81697	0,341153	8,2572	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	0,208927	0,0324442	6,4396	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,146032	0,0212802	-6,8624	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,0593954	0,0200371	2,9643	0,0031	***
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	0,233751	0,0134766	17,3450	<0,0001	***
Media var. dipendente	3,994383		SQM var. dipendente	1,226273	
Somma quadr. residui	1341,594		E.S. della regressione	1,080094	
R-quadro	0,226890		R-quadro corretto	0,224201	
F(4, 1150)	84,37473		P-value(F)	7,20e-63	
Log-verosimiglianza	-1725,360		Criterio di Akaike	3460,719	
Criterio di Schwarz	3485,978		Hannan-Quinn	3470,252	
rho	0,778013		Durbin-Watson	0,383070	

Test di White per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: eteroschedasticità non presente

Statistica test: LM = 48,3079 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(14) > 48,3079) = 1,16888e-005$

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(35) = 5181,58 con p-value = 0

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 101,732 con p-value = $8,11303e-023$

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: F = 9,775840, con p-value = $P(F(2,1148) > 9,77584) = 6,17e-005$

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: F = 18,150118, con p-value = $P(F(1,1149) > 18,1501) = 2,21e-005$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: F = 17,381566, con p-value = $P(F(1,1149) > 17,3816) = 3,29e-005$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatconstant2005US	1,014
I_PercapitaGNIUSDollars	1,037
I_TradeintensityDegree	1,067
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	1,113

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

— proporzioni della varianza —						
lambda	cond	const	GDP~	Percap~	Trade~	Produc~
4,739	1,000	0,000	0,001	0,001	0,005	0,005
0,168	5,307	0,000	0,001	0,000	0,344	0,384
0,068	8,349	0,010	0,086	0,018	0,603	0,495
0,019	15,683	0,019	0,668	0,329	0,009	0,104
0,006	28,105	0,971	0,245	0,652	0,039	0,012

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $487,627/(1155 - 39) = 0,436942$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(34, 1116) = 57,4828$ con $p\text{-value } 2,18339e-218$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 6736,92$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 6736,92) = 0$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 0,770648

within = 0,436942

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

$H = 6,76983$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\chi^2(4) > 6,76983) = 0,148563$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 20: Effetti fissi, usando 1155 osservazioni

Incluse 35 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	1,45592	0,785619	1,8532	0,0641	*
I_GDPatconstant2005US	0,239463	0,128082	1,8696	0,0618	*
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0221995	0,0204358	1,0863	0,2776	
I_TradeintensityDegree	-0,017272	0,0197969	-0,8725	0,3831	
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,142637	0,0210182	6,7864	<0,0001	***
Media var. dipendente	3,994383		SQM var. dipendente	1,226273	
Somma quadr. residui	487,6274		E.S. della regressione	0,661016	
R-quadro LSDV	0,718999		R-quadro intra-gruppi	0,052621	
LSDV F(38, 1116)	75,14511		P-value(F)	3,7e-277	
Log-verosimiglianza	-1140,893		Criterio di Akaike	2359,787	
Criterio di Schwarz	2556,809		Hannan-Quinn	2434,144	
rho	0,453401		Durbin-Watson	0,908496	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(4, 1116) = 15,4968$ con $p\text{-value} = P(F(4, 1116) > 15,4968) = 2,41264e-012$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(34, 1116) = 57,4828$ con $p\text{-value} = P(F(34, 1116) > 57,4828) = 2,18339e-218$

Modello 21: Effetti casuali (GLS), usando 1155 osservazioni

Incluse 35 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	1,60713	0,653421	2,4596	0,0139	**
I_GDPatconstant2005US	0,215579	0,0985922	2,1866	0,0288	**
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0164212	0,020197	0,8131	0,4162	
I_TradeintensityDegree	-0,0148443	0,0195407	-0,7597	0,4475	
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,151165	0,0198242	7,6253	<0,0001	***
Media var. dipendente	3,994383		SQM var. dipendente	1,226273	
Somma quadr. residui	1444,749		E.S. della regressione	1,120362	
Log-verosimiglianza	-1768,139		Criterio di Akaike	3546,278	
Criterio di Schwarz	3571,537		Hannan-Quinn	3555,811	

Varianza 'between' = 0,770648

Varianza 'within' = 0,436942

theta medio = 0,86921

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 72,3838 con p-value = 7,12036e-015

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 6736,92 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 6,76983 con p-value = 0,148563

Panel OECD Non-Members – Specificazione 2

Modello 22: Pooled OLS, usando 1155 osservazioni

Incluse 35 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	2,62659	0,356223	7,3734	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	0,212168	0,0324588	6,5365	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,135988	0,0219507	-6,1951	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,0689867	0,0206867	3,3348	0,0009	***
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	0,245069	0,0148063	16,5516	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	-0,135787	0,0739447	-1,8363	0,0666	*
Media var. dipendente	3,994383		SQM var. dipendente	1,226273	
Somma quadr. residui	1337,669		E.S. della regressione	1,078982	
R-quadro	0,229153		R-quadro corretto	0,225798	
F(5, 1149)	68,31344		P-value(F)	1,33e-62	
Log-verosimiglianza	-1723,667		Criterio di Akaike	3459,334	
Criterio di Schwarz	3489,645		Hannan-Quinn	3470,774	
rho	0,775304		Durbin-Watson	0,387632	

Test di White per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: eteroschedasticità non presente

Statistica test: LM = 58,1928 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(19) > 58,1928) = 7,44739e-006$

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(35) = 5940 con p-value = 0

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 116,615 con p-value = 4,75707e-026

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: F = 10,919190, con p-value = $P(F(2,1147) > 10,9192) = 2,01e-005$

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: F = 19,892058, con p-value = $P(F(1,1148) > 19,8921) = 9e-006$

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 18,982108$, con $p\text{-value} = P(F(1,1148) > 18,9821) = 1,44e-005$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatconstant2005US	1,017
I_PercapitaGNIUSDollars	1,106
I_TradeintensityDegree	1,140
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	1,347
DOPECandBigExporters_1	1,351

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

— proporzioni della varianza —							
lambda	cond	const	GDP~	Perc~	Trade~	Prod~	OPEC~
5,302	1,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,003	0,009
0,453	3,423	0,001	0,003	0,001	0,009	0,001	0,730
0,160	5,765	0,000	0,000	0,001	0,357	0,301	0,060
0,061	9,324	0,007	0,087	0,019	0,555	0,570	0,110
0,019	16,604	0,018	0,678	0,303	0,007	0,075	0,002
0,005	31,111	0,974	0,232	0,676	0,068	0,050	0,089

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $483,706/(1155 - 40) = 0,433817$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(34, 1115) = 57,8967$ con $p\text{-value} 2,12517e-219$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 6690,84$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 6690,84) = 0$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 0,797229

within = 0,433817

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

$H = 9,47071$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(5) > 9,47071) = 0,0916989$

(un basso $p\text{-value}$ conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 23: Effetti fissi, usando 1155 osservazioni

Incluse 35 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	1,50154	0,782952	1,9178	0,0554	*
I_GDPatconstant2005US	0,27099	0,128053	2,1162	0,0345	**
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0233369	0,0203661	1,1459	0,2521	
I_TradeintensityDegree	-0,0169799	0,0197263	-0,8608	0,3895	
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,147281	0,0209997	7,0135	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	-0,598104	0,198922	-3,0067	0,0027	***
Media var. dipendente	3,994383		SQM var. dipendente	1,226273	
Somma quadr. residui	483,7056		E.S. della regressione	0,658648	
R-quadro LSDV	0,721259		R-quadro intra-gruppi	0,060241	
LSDV F(39, 1115)	73,97764		P-value(F)	3,8e-278	
Log-verosimiglianza	-1136,230		Criterio di Akaike	2352,460	
Criterio di Schwarz	2554,534		Hannan-Quinn	2428,723	
rho	0,447268		Durbin-Watson	0,919875	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(5, 1115) = 14,2949$ con $p\text{-value} = P(F(5, 1115) > 14,2949) = 1,3861e-013$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(34, 1115) = 57,8967$ con $p\text{-value} = P(F(34, 1115) > 57,8967) = 2,12517e-219$

Modello 24: Effetti casuali (GLS), usando 1155 osservazioni

Incluse 35 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	1,65554	0,656609	2,5213	0,0117	**
I_GDPatconstant2005US	0,227388	0,0992168	2,2918	0,0219	**
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0188122	0,0201678	0,9328	0,3509	
I_TradeintensityDegree	-0,0138805	0,0195001	-0,7118	0,4766	
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,157519	0,0199882	7,8806	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	-0,419925	0,169132	-2,4828	0,0130	**
Media var. dipendente	3,994383		SQM var. dipendente	1,226273	
Somma quadr. residui	1476,567		E.S. della regressione	1,133125	
Log-verosimiglianza	-1780,719		Criterio di Akaike	3573,439	
Criterio di Schwarz	3603,750		Hannan-Quinn	3584,878	

Varianza 'between' = 0,797229

Varianza 'within' = 0,433817

theta medio = 0,871825

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(5) = 78,5353 con p-value = 1,69889e-015

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 6690,84 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(5) = 9,47071 con p-value = 0,0916989

Panel OECD Non-Members – High Per capita Income – Specificazione 1

Modello 25: Pooled OLS, usando 625 osservazioni

Incluse 19 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-1,34218	0,65861	-2,0379	0,0420	**
I_GDPatconstant2005US	0,448059	0,016654	26,9040	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,571789	0,0278845	-20,5057	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,153356	0,0274264	5,5916	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,326389	0,0177843	18,3527	<0,0001	***
Media var. dipendente	8,130568		SQM var. dipendente	1,664801	
Somma quadr. residui	379,9833		E.S. della regressione	0,782864	
R-quadro	0,780287		R-quadro corretto	0,778870	
F(4, 620)	550,4668		P-value(F)	2,3e-202	
Log-verosimiglianza	-731,3289		Criterio di Akaike	1472,658	
Criterio di Schwarz	1494,847		Hannan-Quinn	1481,280	
rho	0,988722		Durbin-Watson	0,042349	

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(19) = 2491,09 con p-value = 0

Test di White per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: eteroschedasticità non presente

Statistica test: LM = 112,111 con p-value = P(Chi-quadro(14) > 112,111) = 2,17787e-017

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 12,4121 con p-value = 0,00201719

RESET TEST

Test RESET TEST di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: F = 61,427670, con p-value = P(F(2,618) > 61,4277) = 4,65e-025

Test RESET TEST di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: F = 26,774388, con p-value = P(F(1,619) > 26,7744) = 3,09e-007

Test RESET TEST di specificazione (solo cubi)

Statistica test: F = 20,616138, con p-value = P(F(1,619) > 20,6161) = 6,75e-006

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

I_GDPatconstant2005US	1,177
I_PercapitaGNIUSDollars	1,080
I_TradeintensityDegree	2,386
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	2,641

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

— proporzioni della varianza —						
lambda	cond	const	GDP~	Perc~	Trade~	Prod~
4,812	1,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001
0,167	5,367	0,000	0,000	0,000	0,175	0,064
0,013	19,413	0,018	0,032	0,097	0,753	0,921
0,007	26,843	0,009	0,266	0,569	0,006	0,014
0,002	55,824	0,973	0,701	0,333	0,064	0,001

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $36,5048/(625 - 23) = 0,0606392$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(18, 602) = 314,683$ con p-value $4,82006e-292$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 4768,88$ con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 4768,88) = 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 0,466078

within = 0,0606392

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

$$H = 33,0304 \text{ con } p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(4) > 33,0304) = 1,17747e-006$$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 26: Effetti fissi, usando 625 osservazioni
 Incluse 19 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35
 Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-15,6689	0,867778	-18,0564	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	0,850142	0,0389674	21,8167	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,195464	0,0265862	-7,3521	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	-0,0171995	0,0225289	-0,7634	0,0455	*
I_ProductionofCrudeOilINGPLandOt	0,173476	0,0275156	6,3046	<0,0001	***
Media var. dipendente	8,130568		SQM var. dipendente	1,664801	
Somma quadr. residui	36,50481		E.S. della regressione	0,246250	
R-quadro LSDV	0,978892		R-quadro intra-gruppi	0,647838	
LSDV F(22, 602)	1269,018		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	0,759543		Criterio di Akaike	44,48091	
Criterio di Schwarz	146,5492		Hannan-Quinn	84,14116	
rho	0,852320		Durbin-Watson	0,215209	

Test congiunto sui regressori –

$$\text{Statistica test: } F(4, 602) = 276,86 \text{ con } p\text{-value} = P(F(4, 602) > 276,86) = 7,27517e-135$$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

$$\text{Statistica test: } F(18, 602) = 314,683 \text{ con } p\text{-value} = P(F(18, 602) > 314,683) = 4,82006e-292$$

Modello 27: Effetti casuali (GLS), usando 625 osservazioni

Incluse 19 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-14,4585	0,824434	-17,5375	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	0,795019	0,0356894	22,2761	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,169649	0,025095	-6,7603	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	-0,0129382	0,0225414	-0,5740	0,0660	*
I_ProductionofCrudeOilINGPLandOt	0,176314	0,0257051	6,8591	<0,0001	***
Media var. dipendente	8,130568		SQM var. dipendente	1,664801	
Somma quadr. residui	758,8513		E.S. della regressione	1,105433	
Log-verosimiglianza	-947,4785		Criterio di Akaike	1904,957	
Criterio di Schwarz	1927,146		Hannan-Quinn	1913,579	

Varianza 'between' = 0,466078

Varianza 'within' = 0,0606392

theta medio = 0,936807

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 1114,24 con p-value = 6,20071e-240

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 4768,88 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 33,0304 con p-value = 1,17747e-006

Panel OECD Non-Members – High Percapita Income – Specificazione 3

Modello 28: Pooled OLS, usando 625 osservazioni

Incluse 19 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	12,2026	3,32277	3,6724	0,0003	***
I_GDPatconstant2005US	0,472011	0,0177317	26,6197	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-2,69271	0,520746	-5,1709	<0,0001	***
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0804993	0,0197947	4,0667	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,132645	0,0280977	4,7208	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,293526	0,0202714	14,4798	<0,0001	***
DOPECandBigExports_2	0,0890161	0,0768071	1,1590	0,2469	
Media var. dipendente	8,130568		SQM var. dipendente	1,664801	
Somma quadr. residui	368,2572		E.S. della regressione	0,771936	
R-quadro	0,787067		R-quadro corretto	0,785000	
F(6, 618)	380,7214		P-value(F)	8,0e-204	
Log-verosimiglianza	-721,5335		Criterio di Akaike	1457,067	
Criterio di Schwarz	1488,131		Hannan-Quinn	1469,137	
rho	0,987679		Durbin-Watson	0,042307	

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(19) = 3539,36 con p-value = 0

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $33,515 / (625 - 24) = 0,0557654$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(17, 601) = 353,1$ con p-value $2,39016e-299$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch–Pagan:

LM = 4518,39 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 4518,39) = 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 0,479505

within = 0,0557654

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

H = 31,9032 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(5) > 31,9032) = 6,20934\text{e-}006$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 29: Effetti fissi, usando 625 osservazioni

Incluse 19 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-5,75851	1,58884	-3,6244	0,0003	***
I_GDPatconstant2005US	0,84148	0,0373873	22,5071	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-1,67784	0,204048	-8,2227	<0,0001	***
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0574242	0,00784249	7,3222	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	-0,0258141	0,0216366	-1,1931	0,0333	**
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,159835	0,0264523	6,0424	<0,0001	***
Media var. dipendente					
Media var. dipendente	8,130568		SQM var. dipendente	1,664801	
Somma quadr. residui	33,51498		E.S. della regressione	0,236147	
R-quadro LSDV	0,980621		R-quadro intra-gruppi	0,676681	
LSDV F(23, 601)	1322,264		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	27,46315		Criterio di Akaike	-6,926308	
Criterio di Schwarz	99,57973		Hannan-Quinn	34,45830	
rho	0,823521		Durbin-Watson	0,243586	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(5, 601) = 251,569$

con p-value = $P(F(5, 601) > 251,569) = 9,69978\text{e-}145$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(17, 601) = 353,1$ con $p\text{-value} = P(F(17, 601) > 353,1) = 2,39016e-299$

Modello 30: Effetti casuali (GLS), usando 625 osservazioni

Incluse 19 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-4,53277	1,5875	-2,8553	0,0043	***
I_GDPatconstant2005US	0,797057	0,0345403	23,0761	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-1,68197	0,208106	-8,0823	<0,0001	***
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0583375	0,0079883	7,3029	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	-0,0223944	0,021666	-1,0336	0,0013	**
I_ProductionofCrudeOilNGPLandOt	0,164095	0,0252912	6,4882	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_2	-0,172869	0,335832	-0,5147	0,6067	
Media var. dipendente	8,130568		SQM var. dipendente	1,664801	
Somma quadr. residui	733,6093		E.S. della regressione	1,088647	
Log-verosimiglianza	-936,9069		Criterio di Akaike	1887,814	
Criterio di Schwarz	1918,878		Hannan-Quinn	1899,884	

Varianza 'between' = 0,479505

Varianza 'within' = 0,0557654

theta medio = 0,940242

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 1262,62 con $p\text{-value} = 1,33518e-269$

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 4518,39 con $p\text{-value} = 0$

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(5) = 31,9032 con $p\text{-value} = 6,20934e-006$

Panel OECD Non-Members – Low Per capita Income – Specificazione 1

Modello 31: Pooled OLS, usando 530 osservazioni

Incluse 16 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	9,26901	0,888197	10,4358	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,290255	0,0363745	-7,9796	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,0880633	0,0602305	1,4621	0,1443	
I_TradeintensityDegree	0,13509	0,0332583	4,0619	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,494614	0,0198875	24,8706	<0,0001	***
Media var. dipendente	7,792773		SQM var. dipendente	1,345570	
Somma quadr. residui	421,7313		E.S. della regressione	0,896269	
R-quadro	0,559681		R-quadro corretto	0,556326	
F(4, 525)	166,8292		P-value(F)	4,56e-92	
Log-verosimiglianza	-691,4827		Criterio di Akaike	1392,965	
Criterio di Schwarz	1414,330		Hannan-Quinn	1401,328	
rho	0,981472		Durbin-Watson	0,032199	

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(16) = 14368,6 con p-value = 0

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 7,53941 con p-value = 0,0230589

DIAGNOSI PANEL

Varianza dei residui: $26,2362 / (530 - 20) = 0,0514434$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(15, 510) = 512,531$ con p-value $4,63789e-296$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

$LM = 6173,87$ con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 6173,87) = 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 0,830514

within = 0,0514434

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

H = 30,7201 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(4) > 30,7201) = 3,49133\text{e-}006$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 32: Effetti fissi, usando 530 osservazioni

Incluse 16 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-11,395	0,877639	-12,9837	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	0,667746	0,0424594	15,7267	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,0861091	0,0290305	-2,9662	0,0032	***
I_TradeintensityDegree	0,00818544	0,0166402	0,4919	0,0630	*
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,145215	0,0280804	5,1714	<0,0001	***
Media var. dipendente	7,792773		SQM var. dipendente	1,345570	
Somma quadr. residui	26,23615		E.S. della regressione	0,226811	
R-quadro LSDV	0,972607		R-quadro intra-gruppi	0,594056	
LSDV F(19, 510)	953,0645		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	44,48333		Criterio di Akaike	-48,96666	
Criterio di Schwarz	36,49088		Hannan-Quinn	-15,51725	
rho	0,796699		Durbin-Watson	0,407831	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(4, 510) = 186,583$ con p-value = $P(F(4, 510) > 186,583) = 2,19798\text{e-}098$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(15, 510) = 512,531$ con p-value = $P(F(15, 510) > 512,531) = 4,63789\text{e-}296$

Modello 33: Effetti casuali (GLS), usando 530 osservazioni

Incluse 16 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-10,5952	0,908722	-11,6595	<0,0001	***
l_GDPatconstant2005US	0,623773	0,0426023	14,6418	<0,0001	***
l_PercapitaGNIUSDollars	-0,0652452	0,0293742	-2,2212	0,0263	**
l_TradeintensityDegree	0,0130503	0,0169759	0,7688	0,0420	**
l_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,160588	0,0278236	5,7716	<0,0001	***
Media var. dipendente	7,792773		SQM var. dipendente	1,345570	
Somma quadr. residui	1189,178		E.S. della regressione	1,503594	
Log-verosimiglianza	-966,1948		Criterio di Akaike	1942,390	
Criterio di Schwarz	1963,754		Hannan-Quinn	1950,752	

Varianza 'between' = 0,830514

Varianza 'within' = 0,0514434

theta medio = 0,956528

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 704,03 con p-value = 4,67401e-151

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 6173,87 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 30,7201 con p-value = 3,49133e-006

Panel OECD Non-Members – Low Percapita Income – Specificazione 3

Modello 34: Pooled OLS, usando 530 osservazioni

Incluse 16 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	44,6859	6,47267	6,9038	<0,0001	***
I_GDPatconstant2005US	-0,255053	0,0357417	-7,1360	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-6,36192	1,11872	-5,6868	<0,0001	***
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,278008	0,0481252	5,7768	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,226297	0,0347677	6,5088	<0,0001	***
I_ProductionofCrudeOilINGPLand	0,553871	0,0210939	26,2574	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	-0,540368	0,100678	-5,3673	<0,0001	***
Media var. dipendente	7,792773		SQM var. dipendente	1,345570	
Somma quadr. residui	382,7866		E.S. della regressione	0,855515	
R-quadro	0,600342		R-quadro corretto	0,595757	
F(6, 523)	130,9365		P-value(F)	8,7e-101	
Log-verosimiglianza	-665,8066		Criterio di Akaike	1345,613	
Criterio di Schwarz	1375,523		Hannan-Quinn	1357,320	
rho	0,963388		Durbin-Watson	0,061200	

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le Unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: Chi-quadro(16) = 50393,4 con p-value = 0

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 28,3357 con p-value = 7,03055e-007

Varianza dei residui: $25,7639 / (530 - 22) = 0,0507164$

Significatività congiunta delle differenti medie dei gruppi:

$F(15, 508) = 469,306$ con p-value $3,39427e-286$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti fissi)

Statistica test di Breusch-Pagan:

LM = 5662,14 con p-value = $\text{prob}(\text{chi-quadro}(1) > 5662,14) = 0$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello pooled OLS sia adeguato, in favore del modello alternativo con effetti casuali)

Variance estimators:

between = 0,58079

within = 0,0507164

Panel is unbalanced: theta varies across units

Statistica test di Hausman:

$H = 49,8322$ con $p\text{-value} = \text{prob}(\text{chi-quadro}(6) > 49,8322) = 5,07952e-009$

(un basso p-value conta contro l'ipotesi nulla che il modello con coefficienti casuali sia adeguato, in favore del modello con effetti fissi)

Modello 35: Effetti fissi, usando 530 osservazioni

Incluse 16 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	-5,96466	2,08714	-2,8578	0,0044	***
I_GDPatconstant2005US	0,658148	0,0425025	15,4849	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-0,970376	0,310992	-3,1203	0,0019	***
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0381439	0,013379	2,8510	0,0045	***
I_TradeintensityDegree	0,0135501	0,0168335	0,8049	0,0212	**
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	0,134735	0,0297568	4,5279	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	0,0618038	0,0725958	0,8513	0,3950	
Media var. dipendente	7,792773		SQM var. dipendente	1,345570	
Somma quadr. residui	25,76393		E.S. della regressione	0,225203	
R-quadro LSDV	0,973101		R-quadro intra-gruppi	0,601363	
LSDV F(21, 508)	875,1013		P-value(F)	0,000000	
Log-verosimiglianza	49,29652		Criterio di Akaike	-54,59305	
Criterio di Schwarz	39,41025		Hannan-Quinn	-17,79870	
rho	0,792829		Durbin-Watson	0,420373	

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(6, 508) = 127,724$

con p-value = $P(F(6, 508) > 127,724) = 4,17868e-098$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(15, 508) = 469,306$ con p-value = $P(F(15, 508) > 469,306) = 3,39427e-286$

Modello 36: Effetti casuali (GLS), usando 530 osservazioni

Incluse 16 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_CO2Emissions

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-4,4843	2,15797	-2,0780	0,0377	**
I_GDPatconstant2005US	0,595857	0,0428811	13,8956	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	-1,00652	0,32324	-3,1139	0,0018	***
sq_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0409569	0,0138999	2,9465	0,0032	***
I_TradeintensityDegree	0,0215124	0,0174005	1,2363	0,0163	**
I_ProductionofCrudeOilNGPLand	0,160682	0,0295521	5,4372	<0,0001	***
DOPECandBigExports_1	0,0329606	0,0746864	0,4413	0,6590	
Media var. dipendente	7,792773		SQM var. dipendente	1,345570	
Somma quadr. residui	1147,050		E.S. della regressione	1,479536	
Log-verosimiglianza	-956,6364		Criterio di Akaike	1927,273	
Criterio di Schwarz	1957,183		Hannan-Quinn	1938,980	

Varianza 'between' = 0,58079

Varianza 'within' = 0,0507164

theta medio = 0,948405

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 700,298 con p-value = 5,27324e-148

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 5662,14 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 49,8322 con p-value = 5,07952e-009

Modelli Produttività EPE

In questo secondo paragrafo del capitolo tabelle, vengono invece esposte le stime riguardanti il capitolo IV “Gli Effetti dell’Inquinamento”. In particolare, vengono qui richiamate ed esposte in maniera completa ed esaustiva, le stime riguardanti la relazione tra diversi fattori, in primis l’inquinamento, e la produttività del lavoro. Per semplicità, si è scelto di individuare questo secondo gruppo con l’acronimo EPE che sta per *Environmental Productivity Effect*, così come definita dalla già citata letteratura. Questo paragrafo è strutturato in funzione del tipo di valori considerati, ovvero sia se a livelli o se con le differenze finite delle trasformazioni logaritmiche. Vengono anche considerate i modelli misti ed i modelli che non utilizzano trasformazioni logaritmiche ma differenze percentuali dei valori effettivamente raccolti. Infine vengono esposte anche le stime che utilizzano i valori stimati di CO2 nel capitolo III con metodo Panel Random Effects ed il confronto tra il panel paesi OECD e il panel paesi non OECD e con basso reddito procapite.

Le 4 specificazioni sono:

1. $\zeta_{ij} = \gamma_0 Const_{ij} + \gamma_1 E_{ij} + \gamma_3 A_{ij} + \gamma_4 \Psi_{ij}$
2. $\zeta_{ij} = \gamma_0 Const_{ij} + \gamma_1 E_{ij} + \gamma_3 A_{ij} + \gamma_4 \Psi_{ij} + \gamma_5 \Psi_{ij}^{OIL}$
3. $\zeta_{ij} = \gamma_0 Const_{ij} + \gamma_1 E_{ij} + \gamma_3 A_{ij} + \gamma_4 \Psi_{ij} + \gamma_5 \Psi_{ij}^{OIL} + \gamma_6 LnD1_{ij} + \gamma_7 LnD2_{ij}$
4. $\zeta_{ij} = \gamma_0 Const_{ij} + \gamma_1 E_{ij} + \gamma_2 LnE_{ij}^2 + \gamma_3 A_{ij} + \gamma_4 \Psi_{ij} + \gamma_5 \Psi_{ij}^{OIL} + \gamma_6 LnD1_{ij} + \gamma_7 LnD2_{ij}$

Stima a livelli con Logaritmi Naturali

Specificazione 1

Modello 37: Effetti casuali (GLS), usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: \ln _IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	11,0965	0,289246	38,3636	<0,0001	***
\ln _CO2Emissions	0,208883	0,0186662	11,1905	<0,0001	***
\ln _RDexpenditureGD P	0,0957402	0,0219378	4,3642	<0,0001	***
\ln _GrossCapitalGDP	0,0987119	0,0238553	4,1379	<0,0001	***
Media var. dipendente	14,00649		SQM var. dipendente	1,380087	
Somma quadr. residui	2858,492		E.S. della regressione	1,309486	
Log-verosimiglianza	-2818,415		Criterio di Akaike	5644,831	
Criterio di Schwarz	5666,513		Hannan-Quinn	5652,865	

Varianza 'between' = 1,62962

Varianza 'within' = 0,0626049

theta medio = 0,965918

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 207,225 con p-value = 1,15874e-044

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 23743,1 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 5,3935 con p-value = 0,145149

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 52,8996 con p-value = 3,25827e-012

Specificazione 2

Modello 38: Effetti casuali (GLS), usando 1552 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	11,4263	0,293684	38,9069	<0,0001	***
l_CO2Emissions	0,230245	0,0185001	12,4456	<0,0001	***
l_RDexpenditureGDP	0,0253898	0,0218898	1,1599	0,2461	
l_GrossCapitalGDP	0,0947783	0,0244741	3,8726	0,0001	***
l_OilrentsofGDP	-0,0500926	0,0105075	-4,7673	<0,0001	***
Media var. dipendente	14,01110		SQM var. dipendente	1,360966	
Somma quadr. residui	2850,410		E.S. della regressione	1,356964	
Log-verosimiglianza	-2673,937		Criterio di Akaike	5357,875	
Criterio di Schwarz	5384,611		Hannan-Quinn	5367,818	

Varianza 'between' = 1,50845

Varianza 'within' = 0,0577312

theta medio = 0,957568

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 250,419 con p-value = 5,28872e-053

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 22034,4 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 12,7305 con p-value = 0,0126703

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 30,7035 con p-value = 2,15189e-007

Specificazione 3

Modello 39: Effetti casuali (GLS), usando 1552 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	11,4784	0,273939	41,9012	<0,0001	***
l_CO2Emissions	0,22032	0,0186138	11,8364	<0,0001	***
l_RDexpenditureGDP	0,00859969	0,0223681	0,3845	0,7006	
l_GrossCapitalGDP	0,095023	0,0245483	3,8709	0,0001	***
l_OilrentsofGDP	-0,050966	0,010541	-4,8350	<0,0001	***
DOECDmembership_2	0,257706	0,0531267	4,8508	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	0,072584	0,0712796	1,0183	0,3085	
Media var. dipendente	14,01110		SQM var. dipendente	1,360966	
Somma quadr. residui	2662,201		E.S. della regressione	1,312247	
Log-verosimiglianza	-2620,929		Criterio di Akaike	5255,858	
Criterio di Schwarz	5293,289		Hannan-Quinn	5269,779	

Varianza 'between' = 0,93252

Varianza 'within' = 0,0570628

theta medio = 0,946487

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 274,794 con p-value = 2,04412e-056

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 17348,1 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 44,339 con p-value = 6,33168e-008

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 17,5166 con p-value = 0,00015715

Specificazione 4

Modello 40: Effetti casuali (GLS), usando 1552 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	16,7233	0,396311	42,1973	<0,0001	***
l_CO2Emissions	-1,25408	0,086583	-14,4841	<0,0001	***
sq_l_CO2Emissions	0,0920893	0,00529931	17,3776	<0,0001	***
l_RDexpenditureGDP	0,00950913	0,020394	0,4663	0,6410	
l_GrossCapitalGDP	0,129773	0,0224402	5,7831	<0,0001	***
l_OilrentsofGDP	-0,0435908	0,00963593	-4,5238	<0,0001	***
DOECDmembership_2	0,20864	0,048501	4,3018	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	0,300902	0,0665212	4,5234	<0,0001	***
Media var. dipendente	14,01110		SQM var. dipendente	1,360966	
Somma quadr. residui	2682,663		E.S. della regressione	1,317707	
Log-verosimiglianza	-2626,871		Criterio di Akaike	5269,741	
Criterio di Schwarz	5312,520		Hannan-Quinn	5285,650	

Varianza 'between' = 0,949767

Varianza 'within' = 0,0472785

theta medio = 0,951672

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 631,382 con p-value = 4,23725e-132

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 17512,2 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 45,4118 con p-value = 1,1376e-007

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 86,5105 con p-value = 1,63865e-019

*Stima a differenze con Logaritmi Naturali*²⁶¹

Specificazione 1

Modello 41: Effetti casuali (GLS), usando 1620 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 24, massimo 34

Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-0,0660487	0,0510685	-1,2933	0,1959	
d_I_CO2Emissions	0,133124	0,0179367	7,4219	<0,0001	***
d_I_RDexpenditureGDP	-0,00106926	0,0163369	-0,0655	0,9478	
l_GrossCapitalGDP	0,00974537	0,00665546	1,4643	0,1431	
Media var. dipendente	0,010593		SQM var. dipendente	0,078284	
Somma quadr. residui	9,602062		E.S. della regressione	0,077060	
Log-verosimiglianza	1855,164		Criterio di Akaike	-3702,329	
Criterio di Schwarz	-3680,768		Hannan-Quinn	-3694,328	

Varianza 'between' = 0,000377302

Varianza 'within' = 0,00558348

theta medio = 0,438608

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 58,593 con p-value = 1,17434e-012

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 59,5866 con p-value = 1,17028e-014

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 7,85879 con p-value = 0,049022

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 6803,05 con p-value = 0

²⁶¹ Il valore Gross Capital su GDP è espresso a livello.

Specificazione 2

Modello 42: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-0,0312484	0,0532123	-0,5872	0,5570	
d_I_CO2Emissions	0,135492	0,0206475	6,5622	<0,0001	***
d_I_OilrentsofGDP	-0,0106614	0,00625992	-1,7031	0,0885	*
d_I_RDexpenditureGDP	-0,00854161	0,017006	-0,5023	0,6155	
I_GrossCapitalGDP	0,00500433	0,00693765	0,7213	0,4707	
Media var. dipendente	0,009949		SQM var. dipendente	0,078498	
Somma quadr. residui	8,952702		E.S. della regressione	0,077411	
Log-verosimiglianza	1709,258		Criterio di Akaike	-3408,516	
Criterio di Schwarz	-3381,957		Hannan-Quinn	-3398,621	

Varianza 'between' = 0,000220984

Varianza 'within' = 0,00568369

theta medio = 0,327718

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 48,0842 con p-value = 9,06396e-010

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 44,3651 con p-value = 2,72496e-011

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 8,21311 con p-value = 0,0840765

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 6885,86 con p-value = 0

Specificazione 3

Modello 43: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-0,0294281	0,0535051	-0,5500	0,5823	
d_I_CO2Emissions	0,136294	0,0207358	6,5729	<0,0001	***
d_I_RDexpenditureGDP	-0,00848777	0,0170172	-0,4988	0,6179	
I_GrossCapitalGDP	0,00468674	0,00697976	0,6715	0,5019	
d_I_OilrentsofGDP	-0,0107031	0,00626074	-1,7096	0,0873	*
DOECDmembership_2	0,00217984	0,00679515	0,3208	0,7484	
DOPECandBigExporters_1	0,000156755	0,00611949	0,0256	0,9796	
Media var. dipendente	0,009949		SQM var. dipendente	0,078498	
Somma quadr. residui	8,953427		E.S. della regressione	0,077466	
Log-verosimiglianza	1709,198		Criterio di Akaike	-3404,395	
Criterio di Schwarz	-3367,212		Hannan-Quinn	-3390,542	

Varianza 'between' = 0,000238603

Varianza 'within' = 0,00568756

theta medio = 0,341579

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 48,2406 con p-value = 1,05775e-008

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 43,8427 con p-value = 3,55859e-011

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 9,78622 con p-value = 0,133948

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 6911,32 con p-value = 0

Specificazione 4

Modello 44: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	-0,0182175	0,0533019	-0,3418	0,7325	
d_I_CO2Emissions	0,170338	0,0213869	7,9646	<0,0001	***
sq_d_I_CO2Emissions	-0,181268	0,0323967	-5,5953	<0,0001	***
d_I_RDexpenditureGDP	-0,0112283	0,0168437	-0,6666	0,5050	
I_GrossCapitalGDP	0,0034532	0,00695092	0,4968	0,6193	
d_I_OilrentsofGDP	-0,0109382	0,00619305	-1,7662	0,0774	*
DOECDmembership_2	0,00109986	0,00688815	0,1597	0,8731	
DOPECandBigExporters_1	-0,000519668	0,00621938	-0,0836	0,9334	
Media var. dipendente	0,009949		SQM var. dipendente	0,078498	
Somma quadr. residui	8,777206		E.S. della regressione	0,076725	
Log-verosimiglianza	1724,086		Criterio di Akaike	-3432,173	
Criterio di Schwarz	-3389,678		Hannan-Quinn	-3416,341	

Varianza 'between' = 0,000258194

Varianza 'within' = 0,00556873

theta medio = 0,360034

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 80,6939 con p-value = 9,94371e-015

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'Unità= 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 45,6253 con p-value = 1,43183e-011

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 10,0077 con p-value = 0,188136

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 7599,57 con p-value = 0

Stima mixed con Logaritmi Naturali

Il valore della variabile dipendente "Index of Labor Productivity" ed il valore Gross Capital su GDP sono espressi a livello, tutti gli altri valori sono espressi in termini di differenze finite

Specificazione 1

Modello 45: Effetti casuali (GLS), usando 1620 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 24, massimo 34

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	12,6118	0,272869	46,2192	<0,0001	***
d_l_CO2Emissions	0,127688	0,0605259	2,1096	0,0349	**
d_l_RDexpenditureGDP	0,011068	0,0548972	0,2016	0,8402	
l_GrossCapitalGDP	0,173949	0,0245489	7,0858	<0,0001	***
Media var. dipendente	14,01204		SQM var. dipendente	1,375094	
Somma quadr. residui	3051,208		E.S. della regressione	1,373665	
Log-verosimiglianza	-2811,501		Criterio di Akaike	5631,001	
Criterio di Schwarz	5652,562		Hannan-Quinn	5639,002	

Varianza 'between' = 1,95523

Varianza 'within' = 0,0625318

theta medio = 0,968413

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 56,4835 con p-value = 3,3126e-012

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 22569,1 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 2,01521 con p-value = 0,569256

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 162,028 con p-value = 6,54783e-036

Specificazione 2

Modello 46: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	12,696	0,281875	45,0413	<0,0001	***
d_l_CO2Emissions	0,166412	0,0683617	2,4343	0,0149	**
d_l_RDexpenditureGDP	0,00673795	0,0556337	0,1211	0,9036	
l_GrossCapitalGDP	0,168161	0,0258483	6,5057	<0,0001	***
d_l_OilrentsofGDP	0,0161257	0,0204006	0,7905	0,4293	
Media var. dipendente	14,01694		SQM var. dipendente	1,352162	
Somma quadr. residui	2738,689		E.S. della regressione	1,353930	
Log-verosimiglianza	-2577,478		Criterio di Akaike	5164,956	
Criterio di Schwarz	5191,515		Hannan-Quinn	5174,851	

Varianza 'between' = 1,88532

Varianza 'within' = 0,0604783

theta medio = 0,965339

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 50,2683 con p-value = 3,17388e-010

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 20955,5 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 3,55857 con p-value = 0,469029

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 135,859 con p-value = 3,15224e-030

Specificazione 3

Modello 47: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	12,6051	0,250813	50,2569	<0,0001	***
d_l_CO2Emissions	0,164552	0,0682396	2,4114	0,0159	**
d_l_RDexpenditureGDP	0,0104923	0,0555093	0,1890	0,8501	
l_GrossCapitalGDP	0,162396	0,0257982	6,2949	<0,0001	***
d_l_OilrentsofGDP	0,00934653	0,0203804	0,4586	0,6465	
DOECDmembership_2	0,338094	0,0534416	6,3264	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	0,113749	0,0718673	1,5828	0,1135	
Media var. dipendente	14,01694		SQM var. dipendente	1,352162	
Somma quadr. residui	2399,527		E.S. della regressione	1,268173	
Log-verosimiglianza	-2478,454		Criterio di Akaike	4970,909	
Criterio di Schwarz	5008,092		Hannan-Quinn	4984,762	

Varianza 'between' = 1,06401

Varianza 'within' = 0,0591993

theta medio = 0,954423

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 92,808 con p-value = 7,90297e-018

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 18502,1 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 31,0576 con p-value = 2,47154e-005

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 127,05 con p-value = 2,57897e-028

Specificazione 4

Modello 48: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: $l_IndexofLaborProductivity$

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	12,6109	0,25101	50,2407	<0,0001	***
d_l_CO2Emissions	0,180308	0,0709212	2,5424	0,0110	**
sq_d_l_CO2Emissions	-0,0882811	0,10815	-0,8163	0,4143	
d_l_RDexpenditureGDP	0,00938899	0,0555297	0,1691	0,8657	
l_GrossCapitalGDP	0,161735	0,0258129	6,2657	<0,0001	***
d_l_OilrentsofGDP	0,0091937	0,0203828	0,4511	0,6520	
DOECDmembership_2	0,337917	0,0534467	6,3225	<0,0001	***
DOPECandBigExporters_1	0,113603	0,0718759	1,5805	0,1140	
Media var. dipendente	14,01694		SQM var. dipendente	1,352162	
Somma quadr. residui	2398,742		E.S. della regressione	1,268390	
Log-verosimiglianza	-2478,209		Criterio di Akaike	4972,418	
Criterio di Schwarz	5014,913		Hannan-Quinn	4988,250	

Varianza 'between' = 1,06607

Varianza 'within' = 0,0592144

theta medio = 0,954462

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 93,4439 con p-value = 2,42379e-017

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 18537,3 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 31,9255 con p-value = 4,19282e-005

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 126,943 con p-value = 2,7203e-028

Stima in differenze percentuali su valori effettivi

Specificazione 1

Modello 49: Effetti casuali (GLS), usando 1620 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 24, massimo 34

Variabile dipendente: perc_Productivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	1,25227	0,383737	3,2634	0,0011	***
perc_CO2	0,0850843	0,0157628	5,3978	<0,0001	***
perc_RD	-0,0045302	0,0117971	-0,3840	0,7010	
perc_Capital	-0,0156137	0,00813042	-1,9204	0,0548	*
Media var. dipendente	1,366953		SQM var. dipendente	8,046041	
Somma quadr. residui	103089,2		E.S. della regressione	7,984572	
Log-verosimiglianza	-5662,747		Criterio di Akaike	11333,49	
Criterio di Schwarz	11355,05		Hannan-Quinn	11341,50	

Varianza 'between' = 5,39421

Varianza 'within' = 59,1105

theta medio = 0,49571

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 33,1895 con p-value = 2,93742e-007

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 90,809 con p-value = 1,58231e-021

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(3) = 5,3969 con p-value = 0,144937

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 3192,79 con p-value = 0

Specificazione 2

Modello 50: Effetti casuali (GLS), usando 1506 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: perc_Productivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	1,19216	0,351435	3,3922	0,0007	***
perc_CO2	0,0772854	0,0167369	4,6177	<0,0001	***
perc_RD	-0,00882695	0,0121312	-0,7276	0,4668	
perc_Capital	-0,0165509	0,00857242	-1,9307	0,0535	*
perc_OilRent	-0,0181119	0,00549887	-3,2938	0,0010	***
Media var. dipendente	1,291902		SQM var. dipendente	8,114361	
Somma quadr. residui	97065,99		E.S. della regressione	8,038936	
Log-verosimiglianza	-5273,870		Criterio di Akaike	10557,74	
Criterio di Schwarz	10584,33		Hannan-Quinn	10567,64	

Varianza 'between' = 3,67812

Varianza 'within' = 60,3575

theta medio = 0,397

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 35,608 con p-value = 3,48395e-007

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 71,9188 con p-value = 2,24238e-017

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(4) = 7,15118 con p-value = 0,128111

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 1839,57 con p-value = 0

Specificazione 3

Modello 51: Effetti casuali (GLS), usando 1506 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: perc_Productivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	0,919493	0,524119	1,7544	0,0794	*
perc_CO2	0,0771492	0,0167826	4,5970	<0,0001	***
perc_RD	-0,00867114	0,0121306	-0,7148	0,4747	
perc_Capital	-0,0165352	0,00857333	-1,9287	0,0538	*
perc_OilRent	-0,0181989	0,00550011	-3,3088	0,0009	***
DOECDmembership_2	0,131822	0,777154	0,1696	0,8653	
DOPECandBigExporters_1	0,583162	0,710769	0,8205	0,4120	
Media var. dipendente	1,291902		SQM var. dipendente	8,114361	
Somma quadr. residui	97022,92		E.S. della regressione	8,042509	
Log-verosimiglianza	-5273,535		Criterio di Akaike	10561,07	
Criterio di Schwarz	10598,29		Hannan-Quinn	10574,93	

Varianza 'between' = 3,91397

Varianza 'within' = 60,4041

theta medio = 0,408198

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 36,3593 con p-value = 2,34697e-006

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 71,2982 con p-value = 3,07122e-017

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 9,14746 con p-value = 0,165454

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 1933,41 con p-value = 0

Specificazione 4)

Modello 52: Effetti casuali (GLS), usando 1506 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: perc_Productivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	0,82415	0,519868	1,5853	0,1129	
perc_CO2	0,191192	0,0230836	8,2826	<0,0001	***
sq_perc_CO2	-0,000852445	0,000120634	-7,0664	<0,0001	***
perc_RD	-0,0100274	0,0119361	-0,8401	0,4009	
perc_Capital	-0,0172635	0,00843557	-2,0465	0,0407	**
perc_OilRent	-0,01802	0,00541134	-3,3300	0,0009	***
DOECDmembership_2	0,258892	0,770049	0,3362	0,7367	
DOPECandBigExporters_1	0,350229	0,70561	0,4963	0,6196	
Media var. dipendente	1,291902		SQM var. dipendente	8,114361	
Somma quadr. residui	94208,55		E.S. della regressione	7,927648	
Log-verosimiglianza	-5251,370		Criterio di Akaike	10518,74	
Criterio di Schwarz	10561,28		Hannan-Quinn	10534,58	

Varianza 'between' = 3,88209

Varianza 'within' = 58,3697

theta medio = 0,412956

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 87,5227 con p-value = 3,98822e-016

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 82,587 con p-value = 1,01119e-019

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 10,761 con p-value = 0,149391

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 1527,25 con p-value = 0

Stima a livelli con Ln e valori stimati CO2

Specificazione 1b²⁶²

Modello 53: Effetti casuali (GLS), usando 1670 osservazioni

Incluse 50 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 25, massimo 35

Variabile dipendente: I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	8,44875	0,306688	27,5484	<0,0001	***
CO2_STIMA_RE_EKclassica	0,110184	0,0597159	1,8451	0,0650	*
I_RDexpenditureGDP	-0,0785474	0,0177493	-4,4254	<0,0001	***
I_GrossCapitalGDP	0,00183076	0,018701	0,0979	0,9220	
I_GDPatconstant2005US	0,0501692	0,0104663	4,7934	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,253156	0,0163491	15,4844	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,000138176	0,00837913	0,0165	0,9868	
Media var. dipendente	14,00649		SQM var. dipendente	1,380087	
Somma quadr. residui	1765,857		E.S. della regressione	1,030152	
Log-verosimiglianza	-2416,231		Criterio di Akaike	4846,462	
Criterio di Schwarz	4884,406		Hannan-Quinn	4860,521	

Varianza 'between' = 0,947864

Varianza 'within' = 0,0370081

theta medio = 0,965642

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 1499,32 con p-value = 0

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 24200,3 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 12,7457 con p-value = 0,0472561

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 103,693 con p-value = 3,04329e-023

Specificazione 2b

Modello 54: Effetti casuali (GLS), usando 1552 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

²⁶² Produttività = f (CO2stima, R&D, Capital, GDP, GNIpercapita, Trade)

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	8,77907	0,315399	27,8348	<0,0001	***
CO2_STIMA_RE_EKCclassica	0,117632	0,0658488	1,7864	0,0740	*
l_RDexpenditureGDP	-0,0961029	0,0180604	-5,3212	<0,0001	***
l_GrossCapitalGDP	0,0207855	0,0198194	1,0487	0,2943	
l_GDPatconstant2005US	0,0462922	0,0110671	4,1829	<0,0001	***
l_PercapitaGNIUSDollars	0,235921	0,0180849	13,0452	<0,0001	***
l_TradeintensityDegree	-0,00115928	0,00927347	-0,1250	0,9005	
l_OilrentsofGDP	-0,0247921	0,00952335	-2,6033	0,0092	***
Media var. dipendente	14,01110		SQM var. dipendente	1,360966	
Somma quadr. residui	1669,629		E.S. della regressione	1,039551	
Log-verosimiglianza	-2258,885		Criterio di Akaike	4533,769	
Criterio di Schwarz	4576,548		Hannan-Quinn	4549,679	

Varianza 'between' = 0,943426

Varianza 'within' = 0,0369731

theta medio = 0,957067

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 1266,25 con p-value = 3,32358e-269

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 22281,4 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 14,98 con p-value = 0,036256

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 76,0988 con p-value = 2,98782e-017

Specificazione 3b

Modello 55: Effetti casuali (GLS), usando 1552 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	8,79019	0,313397	28,0481	<0,0001	***
CO2_STIMA_RE_EKCclassica	0,114703	0,0668318	1,7163	0,0861	*
l_RDexpenditureGDP	-0,0983297	0,0183329	-5,3636	<0,0001	***

I_GrossCapitalGDP	0,0210338	0,0198812	1,0580	0,2901	
I_GDPatconstant2005US	0,0467309	0,0111339	4,1972	<0,0001	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,235171	0,0182001	12,9214	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	-0,000246308	0,00931889	-0,0264	0,9789	
I_OilrentsofGDP	-0,0245515	0,009557	-2,5690	0,0102	**
DOECDmembership_2	0,0445956	0,0432948	1,0300	0,3030	
DOPECandBigExporters_1	-0,00137736	0,057951	-0,0238	0,9810	
Media var. dipendente	14,01110		SQM var. dipendente	1,360966	
Somma quadr. residui	1646,108		E.S. della regressione	1,032871	
Log-verosimiglianza	-2247,875		Criterio di Akaike	4515,750	
Criterio di Schwarz	4569,223		Hannan-Quinn	4535,637	

Varianza 'between' = 0,828042

Varianza 'within' = 0,0370131

theta medio = 0,954177

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(9) = 1265,69 con p-value = 7,96143e-267

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 20692,2 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(9) = 24,1927 con p-value = 0,00400678

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 76,2426 con p-value = 2,78059e-017

Specificazione 4b RE

Modello 56: Effetti casuali (GLS), usando 1552 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	0,487	1,24995	0,3896	0,6968	
CO2_STIMA_RE_EKCclassica	2,1141	0,30234	6,9925	<0,0001	***
sq_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	-0,119072	0,0176049	-6,7636	<0,0001	***
I_RDexpenditureGDP	-0,0875575	0,0182747	-4,7912	<0,0001	***
I_GrossCapitalGDP	0,00717323	0,0200032	0,3586	0,7199	
I_GDPatconstant2005US	0,0434768	0,0111331	3,9052	<0,0001	***

I_PercapitaGNIUSDollars	0,245544	0,0181249	13,5473	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	0,000672597	0,00929889	0,0723	0,9423	
I_OilrentsofGDP	-0,0220349	0,00949737	-2,3201	0,0203	**
DOECDmembership_2	0,0553469	0,0431776	1,2818	0,1999	
DOPECandBigExporters_1	-0,0139722	0,0572706	-0,2440	0,8073	
Media var. dipendente	14,01110	SQM var. dipendente	1,360966		
Somma quadr. residui	1533,338	E.S. della regressione	0,997187		
Log-verosimiglianza	-2192,805	Criterio di Akaike	4407,610		
Criterio di Schwarz	4466,431	Hannan-Quinn	4429,486		

Varianza 'between' = 0,431213

Varianza 'within' = 0,0360778

theta medio = 0,937585

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(10) = 1344,23 con p-value = 1,08618e-282

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 13095,5 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(10) = 74,5882 con p-value = 5,72177e-012

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 55,0902 con p-value = 1,0897e-012

Specificazione 4b FE

Modello 57: Effetti fissi, usando 1552 osservazioni

Incluse 49 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	rapporto t	p-value	
const	1,25532	1,25314	1,0017	0,3166	
CO2_STIMA_RE_EKCclassica	1,979	0,304066	6,5084	<0,0001	***
sq_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	-0,111462	0,0176835	-6,3032	<0,0001	***
I_RDexpenditureGDP	-0,0965527	0,0182049	-5,3037	<0,0001	***
I_GrossCapitalGDP	0,0111756	0,0196368	0,5691	0,5694	
I_GDPatconstant2005US	0,0409487	0,0110188	3,7163	0,0002	***
I_PercapitaGNIUSDollars	0,244244	0,0181609	13,4489	<0,0001	***
I_TradeintensityDegree	-0,00360256	0,00921066	-0,3911	0,6958	

I_OilrentsofGDP	-0,0258065	0,00949397	-2,7182	0,0066	***
DOECDmembership_2	0,021643	0,0428272	0,5054	0,6134	
DOPECandBigExporters_1	-0,0173293	0,0580403	-0,2986	0,7653	
Media var. dipendente	14,01110	SQM var. dipendente	1,360966		
Somma quadr. residui	53,86414	E.S. della regressione	0,189942		
R-quadro LSDV	0,981250	R-quadro intra-gruppi	0,466296		
LSDV F(58, 1493)	1347,156	P-value(F)	0,000000		
Log-verosimiglianza	405,8152	Criterio di Akaike	-693,6304		
Criterio di Schwarz	-378,1398	Hannan-Quinn	-576,2992		
rho	0,859814	Durbin-Watson	0,157373		

Test congiunto sui regressori –

Statistica test: $F(10, 1493) = 130,443$ con $p\text{-value} = P(F(10, 1493) > 130,443) = 1,6785e-195$

Test per la differenza delle intercette di gruppo –

Ipotesi nulla: i gruppi hanno un'intercetta comune

Statistica test: $F(48, 1493) = 372,846$ con $p\text{-value} = P(F(48, 1493) > 372,846) = 0$

Test non-parametrico di Wald per l'eteroschedasticità –

Ipotesi nulla: le unità hanno in comune la varianza dell'errore

Statistica test asintotica: $\text{Chi-quadro}(47) = 2,44712e+027$ con $p\text{-value} = 0$

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

CO2_STIMA_RE_EKClassica 280,130

sq_CO2_STIMA_RE_EKClassica 294,944

I_RDexpenditureGDP 2,430

I_GrossCapitalGDP 1,082

I_GDPatconstant2005US 4,564

I_PercapitaGNIUSDollars 7,110

I_TradeintensityDegree 1,504

I_OilrentsofGDP 2,993

DOECDmembership_2 2,723

DOPECandBigExporters_1 1,917

RESET TEST

Test RESET di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: $F = 227,032261$, con $p\text{-value} = P(F(2,1539) > 227,032) = 3,97e-087$

Test RESET di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: $F = 2,719879$, con $p\text{-value} = P(F(1,1540) > 2,71988) = 0,0993$

Test RESET di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 0,128880$, con $p\text{-value} = P(F(1,1540) > 0,12888) = 0,72$

Stima in differenze Ln e valori stimati CO2

Specificazione 1b

Modello 58: Effetti casuali (GLS), usando 1620 osservazioni
 Includere 50 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 24, massimo 34
 Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	0,00453705	0,0027871	1,6279	0,1036	
d_CO2_STIMA_RE_EKclassica	0,184473	0,040956	4,5042	<0,0001	***
d_I_RDexpenditureGDP	0,00362604	0,0149536	0,2425	0,8084	
d_I_GrossCapitalGDP	0,00718418	0,00996929	0,7206	0,4711	
d_I_GDPatconstant2005US	0,0677156	0,0093353	7,2537	<0,0001	***
d_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0602313	0,0111704	5,3920	<0,0001	***
d_I_TradeintensityDegree	0,00369223	0,00499568	0,7391	0,4599	
Media var. dipendente	0,010593		SQM var. dipendente	0,078284	
Somma quadr. residui	7,972250		E.S. della regressione	0,070281	
Log-verosimiglianza	2005,833		Criterio di Akaike	-3997,667	
Criterio di Schwarz	-3959,936		Hannan-Quinn	-3983,665	

Varianza 'between' = 0,000232757

Varianza 'within' = 0,00465445

theta medio = 0,380949

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 397,391 con p-value = 1,01709e-082

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 59,4774 con p-value = 1,23706e-014

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 20,0398 con p-value = 0,00272457

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 8704,96 con p-value = 0

Specificazione 2b

Modello 59: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni
 Includere 47 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34
 Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	0,00393056	0,00263968	1,4890	0,1365	
d_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	0,218636	0,0452579	4,8309	<0,0001	***
d_I_RDexpenditureGDP	-0,00110315	0,0155676	-0,0709	0,9435	
d_I_GrossCapitalGDP	0,0109731	0,0109109	1,0057	0,3146	
d_I_GDPatconstant2005US	0,0582338	0,00973046	5,9847	<0,0001	***
d_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0500625	0,0120436	4,1568	<0,0001	***
d_I_TradeintensityDegree	0,000865273	0,00537388	0,1610	0,8721	
d_I_OilrentsofGDP	-0,00437145	0,0058768	-0,7438	0,4570	
Media var. dipendente	0,009949		SQM var. dipendente	0,078498	
Somma quadr. residui	7,450574		E.S. della regressione	0,070690	
Log-verosimiglianza	1846,823		Criterio di Akaike	-3677,646	
Criterio di Schwarz	-3635,151		Hannan-Quinn	-3661,814	

Varianza 'between' = 0,000162093

Varianza 'within' = 0,00474754

theta medio = 0,304441

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 356,803 con p-value = 4,30656e-073

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 44,9455 con p-value = 2,02595e-011

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(7) = 16,7418 con p-value = 0,0191393

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 8189,27 con p-value = 0

Specificazione 3b

Modello 60: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	0,00240571	0,00396979	0,6060	0,5445	
d_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	0,218486	0,0452671	4,8266	<0,0001	***
d_I_RDexpenditureGDP	-0,000859892	0,015581	-0,0552	0,9560	
d_I_GrossCapitalGDP	0,0110055	0,0109129	1,0085	0,3132	

d_I_GDPatconstant2005US	0,0583124	0,0097413	5,9861	<0,0001	***
d_I_PercapitaGNIUSDollars	0,050121	0,0120479	4,1601	<0,0001	***
d_I_TradeintensityDegree	0,000875933	0,00537487	0,1630	0,8705	
d_I_OilrentsofGDP	-0,00439379	0,00587813	-0,7475	0,4548	
DOECDmembership_2	0,00238933	0,00597249	0,4001	0,6891	
DOPECandBigExporters_1	0,00223475	0,00536761	0,4163	0,6772	
Media var. dipendente	0,009949		SQM var. dipendente	0,078498	
Somma quadr. residui	7,450125		E.S. della regressione	0,070735	
Log-verosimiglianza	1846,868		Criterio di Akaike	-3673,736	
Criterio di Schwarz	-3620,617		Hannan-Quinn	-3653,946	

Varianza 'between' = 0,000169525

Varianza 'within' = 0,00475165

theta medio = 0,312252

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(9) = 356,723 con p-value = 2,29651e-071

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 45,0499 con p-value = 1,92075e-011

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(9) = 17,8992 con p-value = 0,036361

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 8190,82 con p-value = 0

Specificazione 4b

Modello 61: Effetti casuali (GLS), usando 1498 osservazioni

Incluse 47 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 34

Variabile dipendente: d_I_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	0,00310822	0,00408248	0,7614	0,4464	
d_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	0,209474	0,0459018	4,5635	<0,0001	***
sq_d_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	-0,0808155	0,0712164	-1,1348	0,2565	
d_I_RDexpenditureGDP	-0,00151315	0,0155869	-0,0971	0,9227	
d_I_GrossCapitalGDP	0,0104994	0,0109155	0,9619	0,3361	
d_I_GDPatconstant2005US	0,0509759	0,0116912	4,3602	<0,0001	***
d_I_PercapitaGNIUSDollars	0,0523293	0,0121998	4,2894	<0,0001	***
d_I_TradeintensityDegree	0,00146354	0,00539416	0,2713	0,7861	

d_I_OilrentsofGDP	-0,00387798	0,00589126	-0,6583	0,5104	
DOECDmembership_2	0,00240923	0,00605874	0,3976	0,6909	
DOPECandBigExporters_1	0,00228662	0,00545361	0,4193	0,6750	
Media var. dipendente	0,009949	SQM var. dipendente	0,078498		
Somma quadr. residui	7,445928	E.S. della regressione	0,070739		
Log-verosimiglianza	1847,290	Criterio di Akaike	-3672,580		
Criterio di Schwarz	-3614,149	Hannan-Quinn	-3650,811		

Varianza 'between' = 0,000181029

Varianza 'within' = 0,00474962

theta medio = 0,324117

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(10) = 358,167 con p-value = 7,36008e-071

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 45,924 con p-value = 1,22931e-011

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(10) = 17,6623 con p-value = 0,0609339

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 7727,29 con p-value = 0

COLLINEARITA'

Fattori di Inflazione della Varianza (VIF)

Valore minimo possibile = 1.0

Valori oltre 10.0 indicano un problema di collinearità

d_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	3,826
sq_d_CO2_STIMA_RE_EKCclassica	1,846
d_I_RDexpenditureGDP	1,009
d_I_GrossCapitalGDP	1,044
d_I_GDPatconstant2005US	2,117
d_I_PercapitaGNIUSDollars	2,696
d_I_TradeintensityDegree	1,353
d_I_OilrentsofGDP	1,075
DOECDmembership_2	1,052
DOPECandBigExporters_1	1,052

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, dove $R(j)$ è il coefficiente di correlazione multipla tra la variabile j e le altre variabili indipendenti

Diagnostiche di collinearità di Besley, Kuh e Welsch:

OPEC~	— proporzioni della varianza —											
	lambda	cond	const	CO2^~	CO2^sq~	RD~	Gros~	GDP~	Perc~	Trad~	Oil~	OECD~
0,016	2,346	1,000	0,017	0,033	0,016	0,001	0,003	0,035	0,028	0,011	0,007	0,009
0,056	1,963	1,093	0,060	0,004	0,051	0,005	0,003	0,018	0,000	0,005	0,000	0,065
0,014	1,277	1,355	0,005	0,009	0,079	0,017	0,058	0,073	0,029	0,149	0,040	0,001
0,005	1,186	1,406	0,002	0,014	0,017	0,015	0,244	0,005	0,056	0,022	0,253	0,002
0,034	1,001	1,531	0,003	0,000	0,001	0,813	0,019	0,004	0,012	0,004	0,030	0,001
0,006	0,853	1,659	0,000	0,000	0,002	0,005	0,416	0,002	0,048	0,429	0,001	0,000
0,001	0,832	1,679	0,001	0,001	0,000	0,099	0,247	0,000	0,014	0,086	0,623	0,004
0,201	0,812	1,700	0,001	0,000	0,009	0,032	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,575
0,184	0,342	2,620	0,054	0,001	0,618	0,000	0,002	0,528	0,022	0,001	0,001	0,057
0,484	0,241	3,118	0,854	0,000	0,192	0,011	0,001	0,151	0,000	0,002	0,004	0,285
0,000	0,148	3,976	0,003	0,937	0,017	0,002	0,006	0,183	0,788	0,289	0,041	0,000

lambda = autovalori di $X'X$, in ordine decrescente

cond = indice di condizione

nota: le colonne delle proporzioni di varianza sommano ad uno

RESET TEST

Test RESET di specificazione (quadrati e cubi)

Statistica test: $F = 1059,140993$, con $p\text{-value} = P(F(2,1485) > 1059,14) = 1,44e-286$

Test RESET di specificazione (solo quadrati)

Statistica test: $F = 1320,079137$, con $p\text{-value} = P(F(1,1486) > 1320,08) = 2,24e-207$

Test RESET di specificazione (solo cubi)

Statistica test: $F = 1972,060252$, con $p\text{-value} = P(F(1,1486) > 1972,06) = 7,85e-275$

Stima a livelli con Ln – Developed vs Undeveloped Countries

Specificazione 4c

DEVELOPED COUNTRIES – Panel OECD members
 Modello 62: Effetti casuali (GLS), usando 448 osservazioni
 Include 14 Unità cross section
 Lunghezza serie storiche: minimo 2, massimo 35
 Variabile dipendente: $\ln_IndexofLaborProductivity$

	Coefficiente	Errore Std.	z	p-value	
const	9,20505	1,2827	7,1763	<0,0001	***
$\ln_CO2Emissions$	0,826163	0,265558	3,1110	0,0019	***
$sq_ln_CO2Emissions$	-0,0256272	0,0153802	-1,6662	0,0957	*
$\ln_RDexpenditureGDP$	0,21143	0,035671	5,9272	<0,0001	***
$\ln_GrossCapital$	-0,0521178	0,0645777	-0,8071	0,4196	
$\ln_OilrentsofGDP$	-0,00638301	0,00938338	-0,6802	0,4963	
DOPECandBigExporters_2	-0,402049	0,303474	-1,3248	0,1852	
Media var. dipendente	15,25991		SQM var. dipendente	0,609174	
Somma quadr. residui	80,66825		E.S. della regressione	0,427209	
Log-verosimiglianza	-251,6481		Criterio di Akaike	517,2962	
Criterio di Schwarz	546,0297		Hannan-Quinn	528,6232	

Varianza 'between' = 0,187867

Varianza 'within' = 0,019364

theta medio = 0,933279

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi-quadro(6) = 280,501 con p-value = 1,22703e-057

Test Breusch-Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi-quadro(1) = 4365,28 con p-value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi-quadro(5) = 8,04749 con p-value = 0,153638

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi-quadro(2) = 3,55916 con p-value = 0,168709

Specificazione 4c

UNDEVELOPED COUNTRIES – Panel OECD NON–members High Per capita Income

Modello 63: Effetti casuali (GLS), usando 601 osservazioni

Incluse 19 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: $I_IndexofLaborProductivity$

	Coefficiente	Errore Std.	z	p–value	
const	17,818	0,665586	26,7704	<0,0001	***
$I_CO2Emissions$	–1,37469	0,132896	–10,3441	<0,0001	***
$sq_I_CO2Emissions$	0,0965381	0,00806846	11,9649	<0,0001	***
$I_RDexpenditureGDP$	–0,116616	0,0385811	–3,0226	0,0025	***
$I_GrossCapitalGDP$	0,171315	0,0421948	4,0601	<0,0001	***
$I_OilrentsofGDP$	–0,045566	0,0246043	–1,8520	0,0640	*
$DOPECandBigExporters_2$	0,125211	0,454836	0,2753	0,7831	
Media var. dipendente	14,12424		SQM var. dipendente	1,277211	
Somma quadr. residui	1297,796		E.S. della regressione	1,476879	
Log–verosimiglianza	–1084,115		Criterio di Akaike	2182,231	
Criterio di Schwarz	2213,021		Hannan–Quinn	2194,216	

Varianza 'between' = 0,882314

Varianza 'within' = 0,0745368

theta medio = 0,937408

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi–quadrato(6) = 208,122 con p–value = 3,53777e–042

Test Breusch–Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi–quadrato(1) = 4739,4 con p–value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi–quadrato(5) = 33,6892 con p–value = 2,74538e–006

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi–quadrato(2) = 81,2593 con p–value = 2,26345e–018

Specificazione 4c

UNDEVELOPED COUNTRIES – Panel OECD NON–members Low Per capita Income

Modello 64: Effetti casuali (GLS), usando 503 osservazioni

Incluse 16 Unità cross section

Lunghezza serie storiche: minimo 1, massimo 35

Variabile dipendente: l_IndexofLaborProductivity

	Coefficiente	Errore Std.	z	p–value	
const	15,4734	0,623385	24,8216	<0,0001	***
l_CO2Emissions	–1,09362	0,151479	–7,2196	<0,0001	***
sq_l_CO2Emissions	0,0872809	0,00946843	9,2181	<0,0001	***
l_RDexpenditureGDP	0,0724724	0,0288051	2,5160	0,0119	**
l_GrossCapitalGDP	0,0170529	0,00495305	3,4429	0,0006	***
l_OilrentsofGDP	–0,0253667	0,0175424	–1,4460	0,1482	
DOPECandBigExporters_1	0,284604	0,0625706	4,5485	<0,0001	***
Media var. dipendente	12,76364		SQM var. dipendente	0,690082	
Somma quadr. residui	369,2719		E.S. della regressione	0,861975	
Log–verosimiglianza	–635,9982		Criterio di Akaike	1285,996	
Criterio di Schwarz	1315,541		Hannan–Quinn	1297,587	

Varianza 'between' = 0,275529

Varianza 'within' = 0,0340284

theta medio = 0,922047

Test congiunto sui regressori –

Statistica test asintotica: Chi–quadrato(6) = 288,537 con p–value = 2,33465e–059

Test Breusch–Pagan –

Ipotesi nulla: varianza dell'errore specifico all'unità = 0

Statistica test asintotica: Chi–quadrato(1) = 3241,58 con p–value = 0

Test di Hausman –

Ipotesi nulla: le stime GLS sono consistenti

Statistica test asintotica: Chi–quadrato(6) = 30,8952 con p–value = 2,65437e–005

Test per la normalità dei residui –

Ipotesi nulla: L'errore è distribuito normalmente

Statistica test: Chi–quadrato(2) = 46,7622 con p–value = 7,01015e–011

Appendice

Lista Paesi

La lista di tutti i paesi che sono stati analizzati per un periodo di tempo di 35 anni²⁶³. Nella seconda colonna la Dummy di appartenenza o meno all'OECD, nella terza colonna la Dummy di appartenenza o meno alla lista dei grandi produttori e esportatori. Infine nell'ultima colonna a sinistra il cluster geografico, ovvero sia la macroarea, di riferimento.

Table 23 – Lista paesi analizzati

Paese	OECD membership	OPEC and Big Exporters	Cluster Geografico
Algeria	No member	Si	Africa
Angola	No member	No	Africa
Argentina	No member	No	South America
Australia	Member	No	Asia and Oceania
Bahrain	No member	Si	Middle East
Brazil	No member	No	South America
Brunei	No member	No	Asia and Oceania
Bulgaria	No member	No	Europe
Cameroon	No member	No	Africa
Canada	Member	Si	North America
Chile	No member	No	South America
China	No member	Si	Asia and Oceania
Colombia	No member	No	South America
Ecuador	No member	Si	South America
Egypt	No member	No	Africa
France	Member	No	Europe
Germany	Member	No	Europe
Greece	Member	No	Europe
India	No member	No	Asia and Oceania
Indonesia	No member	Si	Asia and Oceania
Iran	No member	Si	Middle East
Iraq	No member	Si	Middle East
Italy	Member	No	Europe
Japan	Member	No	Asia and Oceania
Kazakhstan	No member	Si	Eurasia

²⁶³ Si noti che i paesi afferenti il cluster geografico "Eurasia" sono stati analizzati a partire dal 1990 poiché, prima, facenti parte dell'URSS

Kuwait	No member	Si	Middle East
Kyrgyz Republic	No member	No	Eurasia
Latvia	Member	No	Eurasia
Libya	No member	Si	Africa
Lithuania	No member	No	Eurasia
Mexico	Member	Si	North America
New Zealand	Member	No	Asia and Oceania
Nigeria	No member	Si	Africa
Pakistan	No member	No	Asia and Oceania
Paraguay	No member	No	South America
Peru	No member	No	South America
Poland	Member	No	Europe
Qatar	No member	Si	Middle East
Russia	No member	Si	Eurasia
Saudi Arabia	No member	Si	Middle East
Spain	Member	No	Europe
Tajikistan	No member	No	Eurasia
Tunisia	No member	No	Africa
Turkmenistan	No member	No	Eurasia
United Arab Emirates	No member	Si	Middle East
United Kingdom	Member	No	Europe
United States	Member	Si	North America
Uruguay	No member	No	South America
Uzbekistan	No member	No	Eurasia
Venezuela	No member	Si	South America

Autoregressione

All'inizio della redazione di questa ricerca si è proceduto anche ad una preliminare analisi di eventuali modelli AR(1), non in panel ma paese per paese, che avrebbero potuto spiegare meglio il fenomeno. Tra i tanti case studies stimati, si è deciso di mettere in appendice questo, per la sua peculiarità principalmente. Il modello stimato è evidentemente un AR di ordine 1 in cui la variabile che regredisce è il GDP. Insieme a questa variabile è stato inserito anche il rapporto k, ovvero sia:

$$k = \frac{\text{Production of Crude Oil}}{\text{Crude Oil Proved Reserves}}$$

Questo valore indica il grado di sfruttamento delle riserve provate di greggio, ovvero l'efficienza dei processi lavorativi nel settore Oil.

Table 24 – AR(1) GDP e rapporto k

PAESI	const	p	k	p	GDP t – 1	p	R2	Regr. s.e.	Rad. M.S.E	MAE
Algeria	-204.86		1995		0.95	***	0.96	127.026	117.6	99.34
Angola	737.48		24		0.81		0.96	226.548	212.5	161.9
Argentina	2381.16	*	2389	*	0.61	**	0.77	523.267	490.8	423.1
Australia	595.23		-285.4		1.00	***	0.99	403.461	382.7	291.5
Austria	792.97		311		0.98	***	0.99	500.619	474.9	321.2
Bahrain	865.54		914		0.93	***	0.91	740.157	1071.	648.7
Brazil	-892.12		486		1.10	***	0.94	240.172	296.8	215.8
Bulgaria	-89.606		6287		0.96	***	0.97	375.749	396.1	281.4
Cameroon	369.91		109		0.77		0.97	60.7469	57.63	40.03
Canada	-28.376		559		1.01	***	0.98	627.772	595.5	474.8
Chile	16.07		472		1.03	***	0.99	315.585	426.8	261.5
China	-129.71	***	536	*	1.08	***	1.00	46.5966	55.92	38.29
Czech Rep.	1443.07		-265.9		0.96	***	0.96	656.088	572.4	413.4
Denmark	2614.87	***	1623		0.89	***	0.98	574.691	545.2	395.6
Ecuador	249.16		-651.2		1.01	***	0.92	168.748	160.1	125.8
Egypt	-0.8675		92		1.02	***	1.00	66.5559	63.14	47.67
France	901.20		244		0.97	***	0.99	366.772	347.9	262.1
Greece	2367.22		202		0.88		0.98	452.655	429.4	336.1
India	-75.512		48		1.09	***	1.00	38.4892	44.05	31.82
Indonesia	117.21		-406.4		1.06	***	0.98	107.914	105.8	55.42

Iran	56125	***	16266	***	0.85	***	0.95	334.677	322.5	241.1
Iraq	-1468	***	90868	***	0.10		0.92	249.499	287.0	226.2
Israel	145.28		26		1.01	***	0.98	474.781	450.4	352.2
Italy	4065.18	***	2364		0.82	***	0.98	445.368	422.5	298.4
Japan	2137.90	*	460		0.93	***	0.98	595.159	566.7	444.6
Kuwait	4102.88		17625	***	0.70	***	0.93	2309.90	2191	1546.
Lybia	8921.80	***	76057	*	0.66	***	0.89	595.190	2546	1191.
Mexico	3451.99	*	1843	*	0.63	***	0.89	346.039	322.9	238.5
Morocco	-151.13		3		1.07	***	0.98	95.3938	90.49	71.10
Netherlands	2228.86	**	-517.9		0.95	***	0.99	537.574	509.9	352.4
New Zealand	-387.00		-401.4		1.04	***	0.98	452.119	431.7	331.8
Nigeria	-116.37		29		1.09	***	0.97	50.1448	47.57	36.59
Pakistan	-15.727		47		1.01	***	0.99	31.2998	29.69	21.99
Perù	149.93		-270.6		1.01	***	0.92	350.067	332.1	253.7
Poland	27.38		961		1.02	***	1.00	200.829	179.6	135.8
Romania	781.56		2288		0.87	***	0.95	418.257	460.7	316.4
Russia	-3503.6		20132		0.78	***	0.96	570.386	491.1	381.3
Saudi Arabia	6347.74	***	52801	***	0.50	***	0.93	467.125	440.8	361.6
Serbia	7369.51		603		0.21		0.21	233.693	259	205.2
South Africa	-106.28		69	***	1.01	***	0.94	186.508	176.9	153.9
Spain	2137.90	***	177		1.01	***	0.99	356.532	344.4	240.6
Suriname	-129.91		-318.3	***	1.06	***	0.95	185.366	278.2	170.5
Thailand	290.62	*	128		0.96	***	0.98	238.307	222.2	160.5
U.A.E:	27290,0	***	98045		0.87	***	0.92	4745.00	4584	3577
U.K.	2702.15	***	-801.	*	0.93	***	0.99	488.270	463.2	332.9
U.S:A.	7575.71	**	-6444		0.90	***	0.99	639.951	607.1	471.1
Vietnam	29.98		4		1.04	***	1.00	19.0048	17.31	14.40

Regressione Log

Un ultimo spunto di analisi che viene inserito in appendice riguarda la regressione log-lineare, per ogni paese, tra i valori del rapporto k , che sono stati discussi precedentemente, rispetto ai valori del *GDP per capita, PPP (constant 2005 international \$)*.

Table 25 – Tabella Regressione GDP per capita e rapporto k

Paesi	β_0	β_1	Regr Log	R2	F di fisher	Std Err	Corr.
Algeria	0.0242	0.0275	1.5068413	0.0112751	0.342110309	0.7009989	0.1099365
Angola	0.2034	0.03	9.1723217	0.2918623	3.709391801	1.1506831	0.4796569
Argentina	-6.693	0.7944	1.5321366	0.3389483	12.81852557	0.1191698	0.56407
Australia	3.1941	-0.259	0.6878407	0.0969986	3.222541394	0.2084501	-0.335763
Austria	-3.35	0.3808	2.7691184	0.387824	19.00551697	0.2336327	0.6332794
Bahrain	0.4018	0.022	1.0061968	0.0001361	0.003946193	0.0983414	0.0054479
Brazil	4.4244	-0.447	0.4583342	0.3486136	16.05561188	0.1947011	-0.580988
Bulgaria	-1416	-1.00	-0.375863	-5.4199	-0.00011402	-0.616035	-0.457739
Cameroon	-10575	1416	1.0002655	0.3758625	5.419899921	0.000114	0.6160351
Canada	8.8429	-0.816	0.8220704	0.1598548	5.708115201	0.0820074	-0.438277
Chile	0.9427	-0.093	0.0036914	0.5185996	32.31818932	0.985374	-0.734757
China	-0.39	0.0942	2082.295	0.7194747	76.94223319	0.8711253	0.8924641
Czech Rep.	11.435	-1.07	0.7723221	0.2765459	5.351606762	0.1116793	-0.835658
Denmark	-9.3069	0.9531	2.2068048	0.7544302	92.16488248	0.0824505	0.8456916
Ecuador	8.4199	-0.917	0.5573833	0.5359472	34.64782279	0.0992997	-0.736424
Egypt	1.8097	-0.167	0.2814373	0.2116151	8.052479418	0.446788	-0.50332
France	15.116	-1.431	0.716921	0.4762694	27.28136262	0.0637143	-0.687921
Greece	12.328	-1.162	0.8998241	0.1226421	4.193569592	0.0515455	-0.353835
India	0.2399	0.0036	1.2028073	0.0006586	0.019772512	1.3132207	0.0335701
Iran	0.2083	-0.015	0.0802804	0.0367295	1.067641354	2.4410235	-0.25138
Iraq	-0.1534	0.0237	35636457	0.4125499	9.129539606	5.7550244	0.6167526
Italy	-6.9553	0.7178	2.8600816	0.7543413	92.12062845	0.1094869	0.8665688
Japan	1.9952	-0.162	0.6807979	0.0623923	1.996322858	0.2721257	-0.290707
Kuwait	-0.3407	0.0365	17499629	0.6086279	46.65339177	2.4417112	0.7841927
Lybia	0.4989	-0.043	9.485E-07	0.592163	13.06763919	3.8364303	-0.778209
Mexico	-16.957	1.8567	1.5151024	0.7714068	101.237508	0.0412936	0.8863594
Morocco	129.12	-15.77	0.9850157	0.2380713	9.373760428	0.0049312	-0.429254
Netherlands	11.803	-1.107	0.6729887	0.438324	23.41157698	0.0818482	-0.686964
New Zealand	-26.852	2.7596	1.2043346	0.5130812	31.61191774	0.0330687	0.7220039
Nigeria	1.0746	-0.12	0.1847764	0.2018713	7.587920884	0.6130101	-0.490502

Pakistan	0.344	0.0254	1.0150501	0.0003789	0.0113702	0.14009	-0.037671
Perù	5.1046	-0.531	0.5391827	0.3281002	14.64951468	0.1613862	-0.565311
Poland	-0.0981	0.0415	2.7677959	0.0422174	0.793409072	1.1429338	0.1744957
Romania	-1.8199	0.2282	17.790256	0.6568268	36.36562933	0.4773572	0.822569
Russia	-0.7618	0.1156	1903.9501	0.8726768	89.10238228	0.8000171	0.9181746
Saudi Arabia	-0.9095	0.0986	1797.563	0.7390405	84.96036573	0.8130483	0.8762752
Serbia	-6.4682	0.7502	1.3438027	0.2216747	1.139239357	0.2768567	0.471185
South Africa	43.229	-4.513	0.9869441	0.0593082	0.756569373	0.0151089	-0.264869
Spain	15.96	-1.517	0.8758561	0.2011218	7.552657065	0.0482327	-0.505508
Suriname	12.702	-1.401	0.9826627	0.0245087	0.602987533	0.0225227	-0.146107
Thailand	-2.983	0.4442	1.6345024	0.2182683	7.538704165	0.1789503	0.542328
U.A.E.	-0.4113	0.0423	3329.3226	0.3432848	15.68190155	2.0480925	0.6903288
U.K.	9.823	-0.941	0.7026996	0.3318809	14.90217416	0.0913978	-0.599728
U.S.A.	3.1338	-0.247	0.05063	0.7356504	83.48606693	0.3264954	-0.880838

CAPITOLO VII

Fonti

Bibliografia

- Abdulai, Awudu, and Linda Ramcke. *"The impact of trade and economic growth on the environment: revisiting the cross-country evidence"* No. 1491. Kiel working paper, 2009.
- Adhvaryu, Achyuta, Namrata Kala, and Anant Nyshadham. *"Management and shocks to worker productivity: evidence from air pollution exposure in an Indian garment factory"*. Working Paper, 2014.
- Albouwarej, H., Felix, J., Taylor, S., Badry, R., Bremner, C., Brough, B., & Beshry, M. *Highlighting heavy oil*. Oilfield review, 18(2), 34–53, (2006).
- Alley, Richard B., et al. *"Summary for policymakers."* (2007): 1–18.
- Andreae, Meinrat O., Chris D. Jones, and Peter M. Cox. *"Strong present-day aerosol cooling implies a hot future."* Nature 435.7046 (2005): 1187–1190.
- Aragón, Fernando M., and Juan Pablo Rud. *"Modern industries, pollution and agricultural productivity: Evidence from Ghana."* International Growth Centre Working Paper (2013).
- Aragon, Fernando, Juan Jose Miranda, and Paulina Oliva. *"Particulate matter and labor supply: evidence from Peru"* No. dp16–01. (2016).
- Arceo-Gomez, Eva O., Rema Hanna, and Paulina Oliva. *"Does the effect of pollution on infant mortality differ between developing and developed countries? Evidence from Mexico City"* No. w18349. National Bureau of Economic Research, (2012).
- Archsmith, James, Anthony Heyes, and Soodeh Saberian. *"Air Quality and Error Quantity: Pollution and Performance in a High-skilled, Quality-focused Occupation"* (2016).

- Arrhenius, S., "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground". Philosophical Magazine, (pp 41; 237) 1896
- Arrow, Kenneth, et al. "Economic growth, carrying capacity, and the environment" Science 268.5210 (1995): 520.
- Baily, Martin Neil, et al. "The productivity slowdown, measurement issues, and the explosion of computer power" Brookings papers on economic activity 1988.2 (1988): 347–431.
- Barder, Owen Matthew. "A policymakers' guide to Dutch disease" Center for Global Development Working Paper 91 (2006).
- Bardi, Ugo, and Leigh Yaxley. "How general is the Hubbert curve? The case of fisheries" proceedings of the 4th ASPO workshop, Lisbon. (2005).
- Bardi, Ugo. "Peak oil: The four stages of a new idea" Energy 34.3 (2009): 323–326.
- Barro, Robert J., and Xavier Sala-i-Martin. "Technological diffusion, convergence, and growth". No. w5151. National Bureau of Economic Research (1995)
- Barsky, Robert B., and Lutz Kilian. "Oil and the Macroeconomy since the 1970s" The Journal of Economic Perspectives 18.4 (2004): 115–134.
- Baumol, William J. "Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run data show" The American Economic Review (1986): 1072–1085.
- Baumol, William J., and Wallace E. Oates. "The theory of environmental policy" Cambridge University press, 1988.
- Beckerman, Wilfred. "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?." World development 20.4 (1992): 481–496.

- Beckerman, Wilfred. "*In defence of economic growth*", London: Jonathan Cape, (1974)
- Benjamin, Nancy C., Shantayanan Devarajan, and Robert J. Weiner. "*The Dutch disease in a developing country: Oil reserves in Cameroon*" *Journal of Development Economics* 30.1 (1989): 71–92.
- Berman, Eli, and Linda TM Bui. "*Environmental regulation and productivity: evidence from oil refineries*" *Review of Economics and Statistics* 83.3 (2001): 498–510.
- Bernauer, Thomas, and Vally Koubi. "*Effects of political institutions on air quality*" *Ecological economics* 68.5 (2009): 1355–1365.
- Birdsall, Nancy, and David Wheeler. "*Trade policy and industrial pollution in Latin America: where are the pollution havens?*" *The Journal of Environment & Development* 2.1 (1993): 137–149.
- Blackhurst, Richard. "*International trade and domestic environmental policies in a growing world economy*" (1977)
- Bommer, Rolf. "*Economic integration and the environment*" Books (1998);
- Bommer, Rolf. "*Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages*" *Ecological economics* 48.1 (2004): 71–81.
- Bontempi, Maria Elena, Roberto Golinelli "*Panel Data Econometrics: Theory And Applications*" (2006)
- Borenstein, Severin. "*Cost, conflict and climate: US challenges in the world oil market.*" Center for the Study of Energy Markets (2008).

- Borgschulte, Mark, and David Molitor. "*Labor Market and Program Participation Impacts of Health and Productivity Shocks: Evidence from Forest Fire Smoke*" (2016).
- Bowen, Harry P., Edward E. Leamer, and Leo Sveikauskas. "*Multicountry, multifactor tests of the factor abundance theory*" *The American Economic Review* (1987): 791–809.
- Brander, James A. "*Strategic trade policy*" *Handbook of international economics* 3 (1995): 1395–1455.
- Brundtland, G. "*Report of the World Commission on environment and development: our common future*". *WCED, (1987)*.
- Bruneau, Joel F. "*Pollution terms of trade and the composition of manufacturing*". Working paper series, Department of Economics, University of Saskatchewan, Saskatoon, (2010)
- Campling, Jo. "*Globalization and European welfare states: challenges and change*". Eds. Mr Robert Sykes, Bruno Palier, and Pauline M. Prior. Palgrave Macmillan, (2001).
- Carson, Richard T., Phoebe Koundouri, and Céline Nauges. "*Arsenic mitigation in Bangladesh: A household labor market approach*" *American Journal of Agricultural Economics* 93.2 (2011): 407–414.
- Chang, Tom, et al. "*The Effect of Pollution on Worker Productivity: Evidence from Call–Center Workers in China*" No. w22328. National Bureau of Economic Research, (2016).
- Chang, Tom, et al. "*Particulate pollution and the productivity of pear packers*" No. w19944. National Bureau of Economic Research, (2014).
- Chay, Kenneth Y., and Michael Greenstone. "*Does air quality matter? Evidence from the housing market*" No. w6826. National Bureau of Economic Research, (1998).

- Chay, Kenneth Y., and Michael Greenstone. "*The impact of air pollution on infant mortality: evidence from geographic variation in pollution shocks induced by a recession*" No. w7442. National bureau of economic research, (1999).
- Choi, Jaesung, and David C. Roberts. "*Impacts of Air Pollution on Productivity Growth in the Air and Truck Transportation Industries in the US: an Application of the Data Envelopment Analysis Malmquist Environmental Productivity Index*" *Open Journal of Social Sciences* 3.02 (2015): 120.
- Choudhri, Ehsan U., and Ms Dalia Hakura. *International trade in manufactured products: a Ricardo–Heckscher–Ohlin explanation with monopolistic competition*. No. 1–41. International Monetary Fund, (2001).
- Cole, M. A., & Neumayer, E. "*Environmental policy and the environmental Kuznets curve: can developing countries escape the detrimental consequences of economic growth?*" In P. Dauvergne (Ed.), *International Handbook of Environmental Politics*: 298–318. Cheltenham and Northampton: Edward Elgar (2005).
- Cole, Matthew A. "*Development, trade, and the environment: how robust is the Environmental Kuznets Curve?*" *Environment and Development Economics* 8.04 (2003): 557–580.;
- Cole, Matthew A., Anthony J. Rayner, and John M. Bates. "*The environmental Kuznets curve: an empirical analysis*" *Environment and development economics* 2.04 (1997): 401–416.
- Conway, Paul, et al. "*Product market regulation and productivity convergence*" *OECD Economic Studies* 2006.2 (2007): 39–76.
- Coondoo, Dipankor, and Soumyananda Dinda. "*Causality between income and emission: a country group–specific econometric analysis*" *Ecological Economics* 40.3 (2002): 351–367.

- Copeland, Brian R., and M. Scott Taylor. "*Trade and transboundary pollution*" *The American Economic Review* (1995): 716–737.
- Copeland, Brian R., and M. Scott Taylor. "*Trade, growth and the environment*" No. w9823. National Bureau of Economic Research (2004).
- Corden, W. Max, and J. Peter Neary. "*Booming sector and de-industrialisation in a small open economy*" *The economic journal* 92.368 (1982): 825–848.
- Currie, Janet, and Brigitte C. Madrian. "*Health, health insurance and the labor market.*" *Handbook of labor economics* 3 (1999): 3309–3416.
- Dasgupta, Susmita, et al. "*Confronting the environmental Kuznets curve*" *The Journal of Economic Perspectives* 16.1 (2002): 147–168.
- Datta, Deepak K., James P. Guthrie, and Patrick M. Wright. "*Human resource management and labor productivity: does industry matter?*" *Academy of management Journal* 48.1 (2005): 135–145.
- Davis, Donald R. "*Intra-industry trade: a Heckscher–Ohlin–Ricardo approach*" *Journal of international Economics* 39.3 (1995): 201–226.,
- Dean, Edwin R. "*The Accuracy of the BLS Productivity Measures*" *Monthly Labor Review*, 1999, 24–34
- Dean, Judith M. "*Trade and the Environment*" *Policy Research Working Papers*, World Bank, WPS 966 (1992).
- Deardorff, Alan V. "*The general validity of the Heckscher–Ohlin theorem*" *The American Economic Review* 72.4 (1982): 683–694.

- Deutsche Bank, "*Oil & Gas for Beginners.*" (2013).
- Dinda, Soumyananda. "*Globalization and Environment: Can Pollution Haven Hypothesis alone explain the impact of Globalization on Environment?*" MPRA paper 50590 (2006).
- Dixit, Avinash K., and Gene M. Grossman. "*Trade and protection with multistage production*" *The Review of Economic Studies* 49.4 (1982): 583–594
- Dockery, Douglas W., et al. "*An association between air pollution and mortality in six US cities*" *New England journal of medicine* 329.24 (1993): 1753–1759.
- Edoigiawerie, Charles, and Jeffery Spickett. "*The environmental impact of petroleum on the environment.*" *African journal of health sciences* 2.2 (1995): 269–276.
- Epstein PR, Selber J. "*Oil: A Life Cycle Analysis of Its Health and Environmental Impacts*". Boston: Center Health Glob. (2002).
- Fattouh, Bassam. "*An anatomy of the crude oil pricing system*". Oxford, England: Oxford Institute for Energy Studies, (2011).
- Friedman, Milton, and National Bureau of Economic Research. "*A theory of the consumption function*". Vol. 63. Princeton: princeton university press, 1957.
- Gale, Lewis R., and Jose A. Mendez. "*The empirical relationship between trade, growth and the environment*" *International Review of Economics & Finance* 7.1 (1998): 53–61.
- Galeotti, Marzio, and Alessandro Lanza. "*Richer and cleaner? A study on carbon dioxide emissions in developing countries*" *Energy Policy* 27.10 (1999): 565–573.

- Ghio, Andrew J., Chong Kim, and Robert B. Devlin. "*Concentrated ambient air particles induce mild pulmonary inflammation in healthy human volunteers*" *American journal of respiratory and critical care medicine* 162.3 (2000): 981–988.
- Glasby, Geoffrey P. "*Abiogenic origin of hydrocarbons: An historical overview*" *Resource Geology* 56.1 (2006): 83–96.
- Gordon, R.J. (1992) "*Productivity in the Transportation Sector in Output Measurement in the Service Sectors*" University of Chicago Press, Chicago.
- Gray, R. Murray. *Upgrading petroleum residues and heavy oils*. CRC press, (1994).
- Greenstone, Michael, John A. List, and Chad Syverson. "*The effects of environmental regulation on the competitiveness of US manufacturing*" No. w18392. National Bureau of Economic Research, 2012.
- Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. "*Economic growth and the environment*". No. w4634. National Bureau of Economic Research, 1994.
- Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. "*Environmental impacts of a North American free trade agreement*". No. w3914. National Bureau of Economic Research, (1991).
- Grossman, Michael. "*The demand for health: a theoretical and empirical investigation*" NBER Books (1972).
- Grubel, H. G., and P. J. Lloyd. "*Intra-Industry Trade: the Theory and Measurement of Intra-Industry Trade in Differentiated Products*" Londyn Macmillan (1975).
- Hall, Charles AS, and Cutler J. Cleveland. "*Petroleum drilling and production in the United States: Yield per effort and net energy analysis*" *Science* 211.4482 (1981): 576–579.

- Hall, Robert E., and Charles I. Jones. "Why do some countries produce so much more output per worker than others?" *The quarterly journal of economics* 114.1 (1999): 83-116
- Hambrick, Donald C., and Eric Abrahamson. "*Assessing managerial discretion across industries: A multimethod approach*" *Academy of Management Journal* 38.5 (1995): 1427–1441.
- Hanna, Rema, and Paulina Oliva. "*The effect of pollution on labor supply: Evidence from a natural experiment in Mexico City.*" *Journal of Public Economics* 122 (2015): 68–79.
- Hansen, James, et al. "*Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario.*" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97.18 (2000): 9875–9880.
- Hanson, Gordon H., and Matthew J. Slaughter. "*The Rybczynski theorem, factor–price equalization, and immigration: evidence from US states*" No. w7074. National bureau of economic research, (1999).
- Hausman, Jerry A., Bart D. Ostro, and David A. Wise. "*Air pollution and lost work*" (1984).
- He, Jiaxiu, Haoming Liu, and Alberto Salvo. "*Severe Air Pollution and Labor Productivity: Evidence from Industrial Towns in China*" (2016).
- Heckscher, Eli Filip and Ohlin, Bertil Gotthard. "*Heckscher–Ohlin Trade Theory* ", Flam, H. & Flanders, M. editors, MIT Press, Cambridge, MA (1991).
- Helpman, Elhanan, and Paul R. Krugman. "*Trade policy and market structure*". MIT press, (1989).;
- Heyes, Anthony, Nicholas Rivers, and Brandon Schaufele. "*Politicians, Pollution and Performance in the Workplace: The Effect of PMs on MPs*" (2016).

- Heyes, Anthony, Nicholas Rivers, and Soodeh Saberian. "Alerts Work! Air Quality Warnings and Cycling". No. E1502E. (2015)
- Holtz-Eakin, Douglas, and Thomas M. Selden. "Stoking the Fires? CO2 Emissions and Economic Growth." *Journal of Public Economics*, 1995. Web. (Apr. 2016)
- Horsnell, Paul, and Robert Mabro. "Oil markets and prices: the Brent market and the formation of world oil prices." (1993).
- Hubbert M. K., "Nuclear Energy and the Fossil Fuels" Presented Before the Spring Meeting of the Southern District, American Petroleum Institute, Plaza Hotel, San Antonio, Texas, March 7–8–9, (1956)
- Huc, Alain–Yves. *Heavy crude oils: from geology to upgrading: an overview*. Editions Technip, (2010).
- Hurwicz, Leonid, and Wassily Leontief. "Input–output analysis and economic structure" (1955): 626–636.
- Jaffe, Adam B., et al. "Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing: what does the evidence tell us?" *Journal of Economic literature* 33.1 (1995): 132–163.
- Jänicke, Martin, Manfred Binder, and Harald Mönch. "'Dirty industries': Patterns of change in industrial countries" *Environmental and resource economics* 9.4 (1997): 467–491.
- Jones, Charles I. "Was an industrial revolution inevitable? Economic growth over the very long run" *Advances in macroeconomics* 1.2 (2001).
- Jones, Charles I. "Human capital, ideas and economic growth" *Finance, Research, Education and Growth*. Palgrave Macmillan UK, (2003). 51-74.

- Jorgenson, Dale W. and Stiroh, Kevin J. "*Computers and Growth*" *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 3, No. 3–4, (1995), 295–316.
- Judson, Ruth A., Richard Schmalensee, and Thomas M. Stoker. "*Economic development and the structure of the demand for commercial energy*" *The Energy Journal* (1999): 29–57.
- Klare, Michael. *Resource wars: the new landscape of global conflict*. Macmillan, New York: Metropolitan Books, (2001)
- Koubi, V., and Bernauer T. "*Globalization and the environment*", Proceedings of the German Development Economics Conference, Zürich (2008), No. 24
- Krugman, Paul R. "*The age of diminished expectations: US economic policy in the 1990s.*" MIT Press, (1997).
- Krugman, Paul. "*Past and prospective causes of high unemployment*" *Economic Review—Federal Reserve Bank of Kansas City* 79.4 (1994): 23.
- Kuznets, Simon "*Economic Growth and Structure: Selected Essays*" 1965. New York: Norton; *Modern Economic Growth: Rate, Structure, and Spread*. New Haven: Yale University Press. (1966)
- Landmann, Oliver. "*Employment, productivity and output growth*" *Employment Strategy Papers* 17 (2004): 1–61.
- Lavy, Victor, Avraham Ebenstein, and Sefi Roth. "*The impact of short term exposure to ambient air pollution on cognitive performance and human capital formation*". No. w20648. National Bureau of Economic Research, (2014).
- Leamer, Edward E. "*The Heckscher–Ohlin model in theory and practice*" (1995).

- Leamer, Edward E. *"Sources of international comparative advantage: Theory and evidence"* Cambridge, MA: MIT press, (1984).
- Leontief, Wassily. *"Domestic production and foreign trade; the American capital position re-examined"* Proceedings of the American philosophical Society 97.4 (1953): 332–349.
- Lichter, Andreas, Nico Pestel, and Eric Sommer. *"Productivity Effects of Air Pollution: Evidence from Professional Soccer"* (2015).
- Lomborg, Bjørn. *"The skeptical environmentalist: measuring the real state of the world"* Vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, (2001).
- Lopez, Ramon. *"The environment as a factor of production: The economic growth and trade policy linkages"* World Bank Discussion Papers (1992).
- Low, Patrick, and Alexander Yeats. *"Do "dirty" industries migrate?"* World Bank Discussion Papers, (1992).
- Lucas, Robert EB, David Wheeler, and Hemamale Hettige. *"Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution"*, 1960–88. Vol. 1062. World Bank Publications, (1993).
- Lucas, Robert EB, David Wheeler, and Hemamale Hettige. *"Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution, 1960–88"*. Vol. 1062. World Bank Publications, (1993).
- Lynch, M. C. *"The New Pessimism about Petroleum Resources: Debunking the Hubbert Model"* (2004)
- Malthus, Thomas Robert. *"An essay on the principle of population: or, A view of its past and present effects on human happiness"* Reeves & Turner, 1888.

- Mani, Muthukumara, and David Wheeler. "In search of pollution havens? Dirty industry in the world economy, 1960 to 1995" *The Journal of Environment & Development* 7.3 (1998): 215–247.
- Martinez–Alier, Juan. "The environment as a luxury good or “too poor to be green” ?." *Ecological Economics* 13.1 (1995): 1–10.
- McClellan, Mark B. "Health events, health insurance, and labor supply: Evidence from the health and retirement survey" *Frontiers in the Economics of Aging*. University of Chicago Press, 1998. 301–350.
- McConnell, Kenneth E., and Nancy E. Bockstael. "Valuing the environment as a factor of production" *Handbook of environmental economics* 2 (2005): 621–669.
- McGuire, Martin C. "Regulation, factor rewards, and international trade." *Journal of public economics* 17.3 (1982): 335–354.
- McKinnon, Ronald I. "International transfers and non–traded commodities: the adjustment problem" *The International Monetary System and the Developing Nations*, Washington, DC: Agency for International Development 98 (1976).
- Mead, Walter. "Crude oil supply and demand." *The Environment of Oil*. Springer Netherlands, (1993). 43–83.
- Meadows, D., Meadows, D., Zahn, E., & Milling, P., "The Limits to Growth", New York: Universe Books (1972)
- Medeiros, Flavio, et al. *Analysis of production data from hydraulically fractured horizontal wells in tight, heterogeneous formations*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, (2007).

- Meyer, J.R. and Gomez-Ibanez, J.A. "*Measurement and Analysis of Productivity in Transportation Industries*". *New Developments in Productivity Measurement*, (1980) 293–332.
- Mukhopadhyay, K., and D. Chakraborty. "*Is liberalization of trade good for the environment? Evidence from India*" *Asia Pac Dev J* 12.1 (2005): 109–134.
- Mulder, Arnold. *CO2 Emissions Trading in the EU: Models and Policy Applications*. Diss. PhD thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 2015.
- Naill Roger F., "*Managing the Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of US Natural Gas*" Master's Thesis Submitted to Alfred P. Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA, 02139 (1972)
- Neumayer, Eric. "*Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms*" Edward Elgar Publishing, (2003).
- North, Douglass Cecil. "*Structure and change in economic history*" Norton, 1981.
- Novakov, T., et al. "*Large historical changes of fossil-fuel black carbon aerosols.*" *Geophysical Research Letters* 30.6 (2003).
- Nowogorska, Marta. "*Drivers of industrial CO2 emissions at firm-level: European perspective*" *Social Sciences* (2013).
- OECD Publications. *Measuring productivity – OECD Manuel: measurement of aggregate and industry-level productivity growth*. (p. 11) 2001
- O'Rourke, Dara, and Sarah Connolly. "*Just oil? The distribution of environmental and social impacts of oil production and consumption.*" *Annual Review of Environment and Resources* 28.1 (2003): 587–617.

- O'Rourke, Kevin H., and Jeffrey G. Williamson. *"The Heckscher–Ohlin model between 1400 and 2000: when it explained factor price convergence, when it did not, and why"* No. w7411. National bureau of economic research, (1999).
- Ostro, Bart D. *"The effects of air pollution on work loss and morbidity"* Journal of Environmental Economics and Management 10.4 (1983): 371–382.
- Panayotou, Theodore *"Economic Growth and The Environment"*, Harvard University and Cyprus International Institute of Management (2003)
- Perman, Roger, and David I. Stern. *"Evidence from panel unit root and cointegration tests that the environmental Kuznets curve does not exist"* Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 47.3 (2003): 325–347.
- Pethig, Rüdiger. *"Pollution, welfare, and environmental policy in the theory of comparative advantage"* Journal of environmental economics and management 2.3 (1976): 160–169.;
- Petroconsultants UK Ltd. *World Petroleum Trends Rep.* Petroconsultants, London, 1998.
- Pezzey, John. *"Sustainability: an interdisciplinary guide"* Environmental values (1992): 321–362.
- Pope III, C. Arden, et al. *"Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long–term exposure to fine particulate air pollution"* Jama – Journal of the American Medical Association. (2002).
- Pope III, C. Arden. *"Review: epidemiological basis for particulate air pollution health standards"* Aerosol Science & Technology 32.1 (2000): 4–14.
- Porter, Michael E. *"America's Green Strategy"* Scientific American, 264(4), 1991, 168.

- Ramsey, James Bernard. "*Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis*" *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* (1969): 350–371.
- Reynolds, Douglas B. "*The mineral economy: how prices and costs can falsely signal decreasing scarcity*" *Ecological Economics* 31.1 (1999): 155–166.
- Ricardo, David. "*On the principles of political economy and taxation*" *Bohn's Economic Library* (London: G. Bell & Sons, 1891), passim (1817).
- Riva Jr, Joseph P., and Gordon Atwater. "Petroleum." *Encyclopedia Britannica* (2008).
- Roach, Stephen S. "*No Productivity Boom for Workers*" *Issues in Science and Technology*, XIV (4), summer (1998), 49–56.
- Rodrigue, J. P., C. Comtois, and B. Slack. "*The Geography of Transport Systems 2013*" New York, US: Routledge (2013).
- Rogelj, Joeri, et al. "*Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C.*" *Nature* 534.7609 (2016): 631–639.
- Royal Dutch Shell. *Annual review and summary of financial statements* (2007).
- Rybczynski, Tadeusz M. "*Factor endowment and relative commodity prices*" *Economica* 22.88 (1955): 336–341.
- Sabine, Christopher L., et al. "*The oceanic sink for anthropogenic CO₂*" *science* 305.5682 (2004): 367–371.
- Sachs, Jeffrey D. "*Institutions don't rule: direct effects of geography on per capita income*". No. w9490. National Bureau of Economic Research, (2003)

- Samuelson, Paul A. "*International trade and the equalisation of factor prices.*" *The Economic Journal* 58.230 (1948): 163–184.
- Sarofim, Marcus C. *Climate policy design: Interactions among carbon dioxide, methane, and urban air pollution constraints.* Diss. Massachusetts Institute of Technology, (2007).
- Sbragia, Alberta M. "*10 Institution–Building from Below and Above: The European Community in Global Environmental Politics.*" *European integration and supranational governance* (1998): 283.
- Schwartz, Evan I., *The Algae Alternative*, *The Boston Globe*, July 12th, Boston, MA (2004)
- Seaton, Anthony, et al. "*Particulate air pollution and acute health effects*" *The Lancet* 345.8943 (1995): 176–178.
- Sen, Amartya. "*Inequality reexamined*". Clarendon Press, (1992).
- Shafik, Nemat, and Sushenjit Bandyopadhyay. "*Economic growth and environmental quality: time–series and cross–country evidence*". Vol. 904. World Bank Publications, (1992).
- Siebert, Horst. "*Closing costs in ailing industries: Comment on the Schneider paper*" *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)/Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 142.1 (1986);
- Siebert, Horst. "*Environmental quality and the gains from trade*" *Kyklos* 30.4 (1977): 657–673.;
- Simmons, Matthew R. *Twilight in the desert: the coming Saudi oil shock and the world economy.* John Wiley & Sons, (2006).

- Simon, Julian. *"The ultimate Resource"*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey (1996).
- Slade, Margaret E. *"Environmental costs of natural resource commodities: magnitude and incidence"* No. 991. The World Bank, (1992).
- Smith, James. *"Consequences and predictors of new health events"* Analyses in the Economics of Aging. University of Chicago Press, (2005). 213–240.
- Sørensen, Mette, et al. *"Linking exposure to environmental pollutants with biological effects."* Mutation Research/Reviews in Mutation Research 544.2 (2003): 255–271.
- Speight, James G. *The chemical and physical structure of petroleum: effects on recovery operations.* Journal of Petroleum Science and Engineering 22.1 (1999): 3–15.
- Stern, David I., *"The Environmental Kuznets Curve"*, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, (June 2003)
- Stiroh, Kevin J. *"Information technology and the US productivity revival: what do the industry data say?"* FRB of New York Staff Report 115 (2001).
- Stiroh, Kevin J. *"Computers, Productivity, and Input Substitution"* Economic Inquiry, April (1998), Vol. XXXVI, No. 2, 175–191.
- Stolper, Wolfgang F., and Paul A. Samuelson. *"Protection and real wages"* The Review of Economic Studies 9.1 (1941): 58–73.
- Summers, Robert, and Alan Heston. *"The Penn World Table (Mark 5): an expanded set of international comparisons, 1950–1987"* NBER Working Paper R1562 (1991).

- Taylor, M. Scott, Werner Antweiler, and Brian R. Copeland. "*Is free trade good for the environment?*" *American Economic Review* 94.1 (2001).
- Temurshoev, U. "*Pollution Haven Hypothesis or Factor Endowment Hypothesis: Theory and Empirical Examination for the US and China*" Working Paper Series, CERGE–EI, Prague, (March 2006)
- Tisdell, Clem. "*Globalisation and sustainability: environmental Kuznets curve and the WTO.*" *Ecological Economics* 39.2 (2001): 185–196.
- Tobey, James A. "*The effects of domestic environmental policies on patterns of world trade: an empirical test*" *Kyklos* 43.2 (1990): 191–209.
- Trefler, Daniel. "*The case of the missing trade and other mysteries*" *The American Economic Review* (1995): 1029–1046.
- Triplett, Jack E. and Barry Bosworth. "*Productivity in the Services Sector*" The Brookings Institution. Mimeo. January 5, (2000).
- Van Alstine, James, and Eric Neumayer. "*The Environmental Kuznets curve*" London School of Economics and Political Science, Houghton Street, London (2010): 49.
- Van Ark, Bart, and Robert H. McGuckin. "*International comparisons of labor productivity and per capita income*" *Monthly Lab. Rev.* 122 (1999): 33.
- Wheeler, David. "*Racing to the bottom? Foreign investment and air quality in developing countries*" Unpublished working paper, The World Bank, November (2000).
- Williams, Robertson C. "*Environmental tax interactions when pollution affects health or productivity*" *Journal of Environmental Economics and Management* 44.2 (2002): 261–270.

- Youngquist, Walter. "Alternative energy sources." *Oil Crisis*, October (2000).
- Zimring, Assaf. "*Testing the Heckscher–Ohlin–Vanek Theory with a Natural Experiment*". No. 15–243. WE Upjohn Institute for Employment Research, (2015).
- Zivin, Joshua Graff, and Matthew Neidell. "*Environment, health, and human capital*" *Journal of Economic Literature* 51.3 (2013): 689–730.
- Zivin, Joshua Graff, and Matthew Neidell. "*The impact of pollution on worker productivity*" *The American economic review* 102.7 (2012): 3652–3673.

Websites

- ◆ <http://www.asb.opec.org>
- ◆ <http://www.data.worldbank.org/>
- ◆ <http://www.eea.europa.eu/it>
- ◆ <http://www.epa.gov/>
- ◆ <http://www.gasresources.net/>
- ◆ <http://www.hubbertpeak.com/>
- ◆ <http://www.iea.org/statistics/>
- ◆ <http://www.ilo.org>
- ◆ <http://www.investopedia.com/>
- ◆ <http://www.knoema.com/>
- ◆ <http://www.oecd.org/about>
- ◆ <http://www.omrpublic.iea.org/>
- ◆ <http://www.rbnenergy.com/>
- ◆ <http://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>
- ◆ <http://www.sourceOECD.org>
- ◆ <http://www.who.int>
- ◆ <http://www-static.shell.com>

Data Sources

- Arab Oil and Gas. Paris: The Arab Petroleum Research Center, various issues.
- Argentina Secretaria de Energia
- Asia–Pacific Databook 1: Supply, Demand, and Prices. Honolulu: FACTS Inc. EWCI Ltd.
- Asia–Pacific Databook 3: Oil Product Balances. Honolulu: FACTS Inc. EWCI Ltd.,
- Asia–Pacific Economic Cooperation (APEC) Energy Database
- Badan Pusat Statistik, Indonesia
- BP Statistical Review of World Energy
- Brazilian Energy Balance. Brasilia: Ministry of Mines and Energy
- Bureau of Labor Statistics
- China Energy Statistical Yearbook
- China Oil & Gas Monthly. Honolulu: FACTS Inc. /EWCI Pte. Ltd., various issues.
- CIS and East European Energy Databook. North Yorkshire: Eastern Bloc Research Ltd., various issues.
- Colombia Ministry of Mines and Energy
- Comisión Nacional de Energía, Chile
- Commodity Futures Trading Commission (CFTC), US Interagency Task Force (ITF) on Markets. *Interim Report on Crude Oil*
- Digest of United Kingdom Energy Statistics. London: Department of Energy and Climate Change
- Eastern Bloc Energy, A Monthly Review of Oil and Energy in the CIS and Eastern Europe. North Yorkshire: Eastern Bloc Research Ltd., various issues.
- EEA – European Environment Agency
- Egyptian Economic Bulletin
- Energy Balance, Statistics of Lithuania. Vilnius: Energy Agency, Ministry of Economy of the Republic of Lithuania.
- Energy Balances of Non–OECD Countries. Paris: International Energy Agency

- Energy Balances of OECD Countries. Paris: International Energy Agency,
- Energy Information and Statistics. Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Kingdom of Saudi Arabia
- Energy Statistics of Non–OECD Countries. Paris: International Energy Agency
- Energy Statistics of OECD Countries. Paris: International Energy Agency
- Energy Statistics Yearbook 2010. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division, 2013.
- Energy Trend. Tokyo: The Institute of Energy Economics, Japan, various issues.
- Energy–Economic Information System (SIEE) database. Quito: Latin American Energy Organization (OLADE)
- Global Trade Atlas
- Government of Kazakhstan – National Statistical Agency of Kazakhstan
- Indian Petroleum & Natural Gas Statistics, Ministry of Petroleum and Natural Gas
- Informe Mensual. Lima: Ministerio de Energia y Minas, Republica del Peru, various issues
- International Energy Agency – Oil Market Report
- International Labour Organization (ILO) Oil and Gas Production
- Intergovernmental Panel on Climate Change
- International Petroleum Encyclopedia. Tulsa: PennWell Corp., various issues.
- Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2012 (April 2014), U. S. Environment Protection Agency
- Joint Oil Data Initiative
- Middle East Economic Survey. Nicosia: Middle East Petroleum and Economic Publications, various issues.
- Monthly Energy Review. Washington, DC: U. S. Energy Information Administration, various issues.
- Monthly Oil Data Service. Paris: International Energy Agency, various dates.
- National Energy Policy Development Group, US.

- Oil & Gas Journal. Tulsa: PennWell Corp., various issues.
- Oil Information 2014. Paris: International Energy Agency, 2014.
- OPEC Annual Statistical Bulletin. Vienna: The Secretariat, Organization of Petroleum Exporting Countries, various issues.
- Pakistan Statistical Yearbook. Karachi: Federal Bureau of Statistics
- Petroleum Economist. London: The Petroleum Economist Ltd., various issues.
- Petroleum Supply Annual. Washington, DC: U.S. Energy Information Administration, various issues.
- Republic of Iraq, Ministry of Oil
- Russian Energy Monthly, Eastern Bloc Research
- Statistical Communiqué of the People's Republic of China. National Bureau of Statistics
- Statistics Canada
- Survey of World Energy Resources. London: World Energy Council
- The Economist
- The US Environmental Protection Agency, "The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020"
- The World Health Organization
- Transparency International: "Corruption Perceptions Index" (2011)
- UNDP, "*Human Development Report Statistics*" CD-Rom. New York: United Nations Development Programme (1999)
- U.S. Energy Information Administration (EIA). "Annual Energy Outlook"
- World Bank
- World Oil. Houston: Gulf Publishing Co., various issues.
- World Resource Institute