



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Economia  
Dipartimento di Management

**TESI DI DOTTORATO DI RICERCA**  
**in**  
**SCIENZE MERCEOLOGICHE**  
**XXVI CICLO**

**Analisi delle politiche e degli strumenti economici  
di tutela ambientale: implicazioni tecniche e finanziarie**

RELATORE:  
Prof. Marcelo Enrique Conti

DOTTORANDO:  
Dott. Raffaele Ciasullo  
Matricola 790316

Anno Accademico 2013/2014

A mia moglie,  
Valentina

# INDICE

<b>Introduzione</b> .....	pag. 6
<b>1- Protocollo di Kyoto</b> .....	pag.13
1.1. - Il problema del cambiamento climatico.....	pag.16
1.2. - Il protocollo di Kyoto e i suoi meccanismi.....	pag.19
1.2.1. - <i>Il mercato regolamentato delle emissioni EU-ETS</i> .....	pag.23
1.2.2. - <i>L'assegnazione delle quote nell' Unione Europea</i> .....	pag.26
1.2.3. - <i>Le piattaforme d'asta e il mercato dei diritti di                     emissione</i> .....	pag.28
1.3. - Le attività LULUCF .....	pag.31
1.3.1. - <i>Alcuni aspetti tecnici di gestione dei carbon sink</i> .....	pag.34
1.3.2. - <i>I costi marginali del sequestro di carbonio</i> .....	pag.42
1.3.3. - <i>Alcuni modelli matematici applicati alla gestione                     dei carbon sink</i> .....	pag.45
1.3.4. - <i>I mercati finanziari dei carbon sink</i> .....	pag.50
1.3.5. - <i>Il caso di studio delle monocolture di eucalipto                     in sud America</i> .....	pag.55
1.4. - Dati statistici sulle emissioni dei gas GHG.....	pag.62
1.5. - I problemi emergenti del Protocollo di Kyoto.....	pag.64
1.6. - La combustione del legno e della biomassa legnosa.....	pag.68
1.6.1. - <i>La combustione del Black Liquor nel processo Kraft</i> .....	pag.69
1.6.2. - <i>Alcune aspetti del processo Kraft nelle pulp mills</i> .....	pag.71
<b>2 - La direttiva IPPC-IED</b> .....	pag.76
2.1. - L'evoluzione del quadro normativo.....	pag.76
2.1.1. - <i>I principi della Direttiva IPPC</i> .....	pag.77
2.2. - La politica ambientale e le tecnologie BATs.....	pag.80
2.3. - Lo stato attuale delle emissioni industriali in Europa.....	pag.83
2.4. - L'IPPC nell' Unione Europea.....	pag.91

2.4.1. - <i>La direttiva IPPC, 1996-2008</i> .....	pag.91
2.4.2. – <i>I BREFs (Direttiva IPPC, 1996-2008)</i> .....	pag.93
2.5. - <i>La direttiva IPPC 2010/75/UE (IED)</i> .....	pag.97
2.6. - <i>Il progresso di implementazione delle BAT-IPPC in Europa</i> .....	pag.98
2.7. – <i>Alcuni elementi di discussione</i> .....	pag.105
<b>3 - Conclusioni</b> .....	pag.110
<b>4 – Bibliografia</b> .....	pag.116

## **Ringraziamenti**

*Desidero esprimere la mia gratitudine al Prof. Marcelo Enrique Conti, relatore della mia tesi di dottorato, per il sostegno e gli insegnamenti che mi ha fornito durante il periodo di ricerca. Il Prof. Conti è stato il mio mentore, trasmettendomi indispensabili consigli sia in ambito accademico che di vita quotidiana, inoltre gli sono grato per avermi dato fiducia nelle mie capacità di giudizio scientifico e avermi dato risposta ai miei dubbi nelle nostre attività di ricerca.*

*Un doveroso ringraziamento è rivolto all' Ing. Elías Jorge Matta dell' Instituto de Tecnología Celulósica (ITC) e alla Prof.ssa Mabel Beatriz Tudino dell' Instituto De Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía, per il magnifico supporto tecnico scientifico indispensabile nelle nostre attività di ricerca.*

*Un sincero ringraziamento è rivolto a tutta la famiglia, in particolar modo a mia moglie Valentina, per la sua inesorabile pazienza e comprensione per le mie attività di ricerca condotte anche tra le mura domestiche. Un particolare ringraziamento al Sig.re Giuseppe per il suo persistente supporto tecnico e l' invidiabile conoscenza delle dinamiche industriali, utili ai fini della mia tesi di dottorato di ricerca.*

## Introduzione

Il presente lavoro si sviluppa sulla base della ricerca scientifica, condotta nelle attività di dottorato per il settore disciplinare delle scienze merceologiche. L'obiettivo del progetto di ricerca fa riferimento all'analisi critica e scientifica degli strumenti normativi utilizzati nelle politiche di management ambientale. In questo studio le politiche di management ambientale sono l'espressione normativa di due grandi problemi, quali l'emissione in atmosfera dei gas inquinanti, chiamati (*no-GHG*) e i gas ad effetto serra, chiamati gas (*GHG – GreenHouse Gases*). I gas serra sono i gas atmosferici che assorbono la radiazione infrarossa causando l'effetto serra. L'effetto serra è, in realtà un fenomeno naturale a causa del quale la radiazione solare penetra nell'atmosfera e riscalda la superficie terrestre mantenendola così a temperature compatibili con la vita.

Il problema dei gas GHG è rappresentato dalle elevate concentrazioni in atmosfera, che causano i noti problemi del “*Global Warming*” e “*Climate Change*”, riconosciuti come una delle minacce più gravi per il nostro pianeta. I principali gas serra sono: il vapore acqueo ( $H_2O$ ), l'anidride carbonica ( $CO_2$ ), il protossido di azoto ( $N_2O$ ), il metano ( $CH_4$ ) e l'ozono ( $O_3$ ). Altri gas GHG non presenti normalmente in natura, ma generati da diversi processi industriali, sono gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo ( $SF_6$ ).

I no-GHG sono gas inquinanti, che immessi direttamente o indirettamente in atmosfera, possono avere effetti sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso. I principali gas no-GHG, sono: il biossido di zolfo ( $SO_2$ ), il biossido di azoto ( $NO_2$ ), il monossido di carbonio (CO), l'ozono ( $O_3$ ), il benzene ( $C_6H_6$ ), il particolato atmosferico<sup>1</sup> ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , UFP), gli

---

<sup>1</sup> Campanella e Conti (2010). Un parametro molto importante nella classificazione della pericolosità del materiale particolato disperso nell'atmosfera è il  $PM_{10}$ , costituito da particelle non superiori a  $10\mu m$ . Il  $PM_{2,5}$  e UFP (*UltraFineParticles*), sono costituiti da particelle con diametro non superiore  $2.5\mu m$  (tra  $0.1$  e  $2.5\mu m$ ). Quest'ultime sono in grado di penetrare fino ai polmoni.

idrocarburi policiclici aromatici (IPA), il piombo (Pb) e gli elementi in tracce quali: l'arsenico (As), il cadmio (Cd), e il nichel (Ni).

Alcuni inquinanti (*no-GHG*), quali PM e O<sub>3</sub> oltre a causare effetti negativi diretti sulla salute umana, possono incidere sull'effetto *Global Warming*, e possono essere identificati come *Short-Lived Climate Pollutants*. L'agenzia ambientale europea (*European Environment Agency*), riporta che:

...” *Several air pollutants are also ‘climate forcers’, a term used to describe pollutants that also have an impact on the planet’s climate and global warming in the short-term (decades). Ground level O<sub>3</sub>, particles, and black carbon (a constituent of PM) are examples of air pollutants that are climate forcers and contribute directly to positive or negative changes in global radiative forcing.*” ... (EEA, 2013a).

Gli effetti negativi provocati dai GHG e no-GHG, permettono di definire i comportamenti degli agenti economici (*industrie*) che sono spesso all'origine dei problemi ambientali.

La differente composizione chimica delle particelle può causare effetti sul clima globale. Ad esempio il nerofumo, uno dei componenti comuni della fuliggine, rilevato principalmente in particelle sottili (con un diametro minore di 2.5 micron), è il risultato della combustione incompleta di combustibili fossili e del legno.

Non è facile stimare esattamente l'entità dei danni causati dall'inquinamento atmosferico sulla salute umana e all'ambiente. Dai risultati del progetto Aphekom (<http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/home>), co-finanziato dalla Commissione Europea, è possibile stimare in Europa una riduzione dell'aspettativa di vita pari a circa 8.6 mesi per singolo individuo (EEA, 2013b). Alcuni modelli economici utilizzati per stimare in termini monetari i danni dell'inquinamento ambientale, considerano frequentemente solo i costi sanitari. Questi modelli non comprendono, tuttavia, i costi che l'inquinamento provoca all'interno della società (EEA, 2013b).

Dal Registro Europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti (E-PRTR – *European Pollutant Release and Transfer Register*), l'agenzia ambientale europea stima che l'inquinamento atmosferico, prodotto dai 10.000 maggiori impianti industriali, è costato in termini di salute ai cittadini europei tra i 102 e i 169 miliardi di euro nel 2009 (EEA, 2013b).

La Commissione Europea (2012a) stima che la mancata applicazione delle normative del settore ambientale può causare dei costi all'economia dell'UE pari a circa 50 miliardi di euro l'anno, tra sanità e costi diretti per l'ambiente. La Commissione riporta che: ...

*... "L'ambiente è protetto da circa 200 atti normativi, che tuttavia troppo spesso non vengono correttamente applicati. Ciò non solo nuoce all'ambiente, ma mette a rischio la salute umana, causa incertezze per l'industria e compromette il mercato unico. Si tratta di costi che non possiamo permetterci in tempi di crisi"...* (European Commission, 2012a).

Tuttavia, sul sito web italiano del Dipartimento delle Politiche Europee (<http://www.politicheeuropee.it/attivita/15141/dati>), è possibile evidenziare che l'Italia ha il più alto numero di procedure di infrazione per il recepimento delle direttive Europee nel settore ambientale. Su un totale di 119 procedure d'infrazione, 22 procedure sono per il settore ambientale, seguito da 14 procedure per il settore fiscalità e dogane.

La rapida espansione della produzione e del consumo di energia hanno portato con sé una vasta gamma di problematiche ambientali a livello locale, regionale e globale.

Alcune delle cause della crisi ambientale, sono:

- 1- L'utilizzo delle fonti fossili, rappresenta la principale causa dei cambiamenti climatici, continuando a ricevere sussidi economici. Come indicato nel rapporto *Green Growth Studies: Energy*, (<http://www.oecd.org/greengrowth/greening-energy/49157219.pdf>)

dell' Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (*OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development*), nel 2009 la dipendenza dai combustibili fossili del sistema energetico mondiale ha prodotto l'84% delle emissioni di gas GHG. I sussidi ai combustibili fossili rappresentano, inoltre, un costo per i contribuenti.

- 2- Il principio sulla responsabilità ambientale (Direttiva 2004/35/CE), in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale, stabilisce un quadro basato sul principio “*chi inquina paga*”.

Dal rapporto della Commissione Europea “*Evaluating the experience gained in the ELD<sup>2</sup> implementation- 2013*” ([http://ec.europa.eu/environment/legal/liability/pdf/eld\\_meetings/11\\_06\\_2013/Conference%20Report%20-%20final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/legal/liability/pdf/eld_meetings/11_06_2013/Conference%20Report%20-%20final.pdf)), si stima che i costi di prevenzione e bonifica sono compresi tra i 3.000 euro e 2 milioni di euro, ma le spese amministrative sono state affrontate solo in pochi casi. Lo studio evidenzia la complessità dei requisiti, delle condizioni applicative, l'assenza degli strumenti e dei documenti di orientamento.

Le riforme della politica economica hanno promosso la crescita e la liberalizzazione dei mercati, sottovalutando forse gli effetti degli impatti e dei danni ambientali. In particolar modo i conflitti ambientali, che si manifestano tra il potere economico di alcuni Paesi e la società umana, causano guerre, violazioni dei diritti umani e il fallimento del tradizionale modello economico.

I problemi ambientali per i quali si richiede un'attenta analisi politica ed economica sono vari, ad es: i cambiamenti climatici, l'inquinamento dell'atmosfera, del suolo, delle risorse idriche, la desertificazione e l'esaurimento della biodiversità. La salute e il benessere umano sono intimamente legate alla qualità ambientale.

---

<sup>2</sup> ELD: Environmental Liability Directive. Link <http://ec.europa.eu/environment/legal/liability/>

Le dinamiche evolutive dei paesi emergenti (europei e extraeuropei) sembrano evidenziare che l'impatto delle misure intraprese finora, non è ancora sufficiente a controbilanciare la crescita delle emissioni rispetto alla crescita economica.

L'obiettivo di riduzione delle emissioni in atmosfera (gas GHG e no-GHG) non è raggiungibile solo mediante semplici adeguamenti del modo di produrre e consumare, ma richiede veri e propri interventi sulla struttura, cultura e pratiche delle produzioni industriali. Gli interventi per un nuovo modello economico a basso tenore di carbonio e l'efficiente uso delle risorse, possono prendere spunto dal moderno approccio della *Green Economy*.

L'agenzia ambientale europea evidenzia che la *Green Economy* deve :

...“*implies a departure from the 'business as usual' economic paradigm, to one with regulatory measures and strong financial incentives for innovation, investments (for example, in green technologies), sustainable consumption behaviour, and information-sharing*” ... (EEA, 2013c).

Obiettivo della *Green Economy* è riconoscere i limiti del pianeta, evidenziando i confini all'interno dei quali deve muoversi il nuovo modello economico, basato su un uso sostenibile delle risorse e una riduzione degli impatti ambientali e sociali. La *Green Economy* deve essere vista come un nuovo modello economico tout court, non può e non deve essere considerata semplicemente come la parte “verde” dell'economia. Una definizione comune di *Green Economy* è migliorare la qualità della vita di tutto il genere umano, riducendo le disuguaglianze nel lungo termine, ed evitare di esporre le generazioni future ai preoccupanti rischi ambientali e alle significative scarsità ecologiche. La *Green Economy* può essere definita come strumento di sviluppo sostenibile, basato sulla valorizzazione del capitale economico (*investimenti e ricavi*), del capitale naturale (*risorse primarie e impatti ambientali*) e del capitale sociale (*lavoro e benessere*) (ENEA, 2012a).

L'obiettivo della *Green Economy* è la riduzione del consumo di energia e delle risorse naturali, l'abbattimento delle emissioni dei gas serra, la riduzione dell'inquinamento, la riduzione del volume dei rifiuti, la promozione di modelli di produzione e di consumo sostenibili.

La *Green Economy* può essere attuata tramite nuove politiche economiche e l'introduzione di eco-tecnologie, la creazione di investimenti e l'eliminazione di sussidi economici dannosi per l'ambiente.

L'urgenza di porre dei vincoli allo sfruttamento di risorse e alla riduzione dell'impatto dell'attività umana sull'ambiente, ci impone di rivedere i modelli di sviluppo, adottando politiche e comportamenti responsabili. Questa impostazione, oltre a essere sostenuta dalle politiche (nazionali e internazionali), non può prescindere dal coinvolgimento delle industrie.

In tale ambito la comunità internazionale e nazionale hanno posto sempre maggiore attenzione sulle possibili soluzioni e dinamiche, sviluppate per diminuire la quantità delle emissioni inquinanti che hanno effetti sull'ambiente e sulla salute umana.

L'obiettivo della mia ricerca scientifica nasce dalla complessità del quadro normativo economico ambientale, in particolar modo in questo lavoro ho analizzato:

- 1- La prima iniziativa internazionale volta a limitare il fenomeno del *Global Warming*, sviluppata dalla convenzione dell'ONU, denominata *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) del 1992, e dal Protocollo di Kyoto (COP 7). L'obiettivo del protocollo è quello di adottare delle politiche mondiali a favore della mitigazione del cambiamento climatico, basato sullo spirito collaborativo a livello internazionale. La politica internazionale si basa sull'uso dei meccanismi flessibili e i meccanismi di mitigazione. Particolare attenzione è stata dedicata alle attività LULUCF (*Land Use, Land Use Change Forestry*) e alla direttiva europea EU-ETS 2003/87/CE (*Emission Trading Scheme*), per il recepimento degli obiettivi di mitigazione dei gas GHG previsti dal Protocollo di Kyoto.

E' evidente la necessità di una rinegoziazione complessiva che coinvolga tutte i Paesi (principali emettitori in tutto il mondo), con obiettivi più stringenti e un meccanismo di consenso che permetta di monitorare e garantire la conformità agli obiettivi.

2- La direttiva IPPC 2008/1/CE (*Integrated Pollution Prevention and Control*), ora integrata nella direttiva IED 2010/75/UE (*Industrial Emission Directive*), ha lo scopo di definire gli obblighi per le attività industriali con un elevato potenziale di inquinamento. Le procedure di autorizzazione stabilite dalla direttiva IPPC-IED, fissano i requisiti minimi per mitigare gli impatti sull'ambiente e sulla salute umana. Tali requisiti minimi sono costituiti dalle BATs (*Best Available Technologies*). La direttiva IPPC-IED individua le BATs come opportunità competitive, al fine di aumentare le performance finanziarie e diminuire i livelli di emissione degli inquinanti nocivi. L'uso delle BATs può rientrare nell'accezione più ampia della green economy, infatti le tecnologie BATs sono definite "*cleaner production*", ovvero, tecnologie studiate per mitigare le cause dell'inquinamento. Attualmente non vi sono prove disponibili sulla l'efficacia della direttiva IPPC-IED e, quindi sulla reale diminuzione delle emissioni inquinanti. Forse, come previsto, la sua influenza è stata positiva, ma è molto difficile dimostrare e comprovare il raggiungimento degli obiettivi della direttiva IPPC-IED con le sole informazioni oggi disponibili.

Il Protocollo di Kyoto e la direttiva IPPC-IED sono due strumenti normativi che hanno differenti campi d'azione, ma si prefiggono il medesimo obiettivo. Gli strumenti operativi del Protocollo di Kyoto, (quali CDM- *Clean Development Mechanism*; JI- *Joint Implementation*; ET- *Emission Trading*; Carbon Sink) e gli strumenti operativi della direttiva IPPC-IED, (quali BATs- *Best Available Technologies* e ELVs- *Emission Limit Values*), puntano ad un

unico obiettivo, limitare gli impatti sulla salute umana e i danni ambientali, causati dai gas GHG ed i gas no GHG. Questo lavoro non pretende di analizzare in modo esaustivo tutte le problematiche legate al cambiamento climatico, le misure di mitigazione e le tecnologie industriali utilizzate, perché sono argomenti con target differenti e piuttosto complessi.

L'aspetto che intendo evidenziare nel mio lavoro di tesi è il dibattito sul rapporto tra la tutela dell'ambiente e la crescita economica. Il mio lavoro vuole evidenziare che le politiche internazionali del protocollo di Kyoto, recepite anche in ambito Europeo e la direttiva IPPC-IED non permettono di conseguire una crescita economica sempre in linea con i principi dello sviluppo sostenibile.

La legislazione ambientale nazionale e internazionale è un corpo di leggi, regolamenti e direttive, sviluppate fundamentalmente da politici, funzionari e aziende. E' un quadro normativo e giuridico complesso, soprattutto se consideriamo l'approccio multidisciplinare per la loro interpretazione.

I cambiamenti climatici, il riscaldamento globale, le emissioni in atmosfera e l'uso delle tecnologie sono temi di rilevanza fondamentale. L'applicazione delle stesse è stata analizzata anche rispetto alle logiche della finanziarizzazione del mercato dei crediti di carbonio.

A causa della complessità dell'analisi, lo studio della normativa ambientale dell'Unione Europea deve necessariamente includere la sua evoluzione e le modifiche più recenti, così come l'iter della loro applicazione nei Stati membri.

Nel mio lavoro di tesi, ho cercato pertanto di rispondere a due domande :

1. Il Protocollo di Kyoto ha raggiunto i suoi obiettivi principali?
2. La direttiva IPPC-IED e l'uso delle BAT hanno raggiunto i loro obiettivi principali?

1. Allo stato attuale possiamo concludere che gli obiettivi del Protocollo di Kyoto, per il primo periodo di impegno terminato nel 2012, non sono stati raggiunti. Inoltre, non possiamo affermare che gli obiettivi siano stati in parte

soddisfatti, perché la riduzione delle emissioni dei gas GHG in alcuni paesi rappresentano quantità non significative rispetto alla crescita delle emissioni a livello mondiale.

Anche se l'obiettivo di riduzione di alcuni Paesi inseriti nell'allegato I del Protocollo di Kyoto sono stati raggiunti, d'altra parte si può osservare che le emissioni globali sono cresciute in modo esponenziale.

Le attività LULUCF rappresentano un vantaggio in termini *cost-effective* nella mitigazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. La mitigazione non può essere sempre raggiunta con il solo aumento del periodo di rotazione delle foreste, perché al di là degli obiettivi del Protocollo di Kyoto, ci sono gli interessi economici dei proprietari privati del suolo forestale. Il prezzo di vendita del legno influisce positivamente o negativamente il mercato del carbonio e viceversa; ovvero il pagamento delle unità di carbonio sequestrato può migliorare la sostenibilità finanziaria nel gestire le foreste in lunghi periodi di rotazione. Le attività LULUCF sono *cost-effective* solo quando i costi marginali e i costi di transazione sono bassi.

2. Lo stato di applicazione della direttiva IPPC-IED in tutti gli Stati membri dell'Unione Europea sembrerebbe essere buono, ma non ancora soddisfacente, perché la maggior parte delle principali industrie europee non sono del tutto conformi allo spirito della direttiva. Sembrerebbe indispensabile un miglioramento dei BREFs e delle BATs per ridurre le emissioni industriali inquinanti a livelli accettabili sia per la tutela ambientale che per la salute umana. La crisi economica ha influito sulla decrescita delle emissioni, ma la tendenza alla riduzione dei gas inquinanti non sembrerebbe essere ancora sostenuta da efficaci politiche nel regolamentare i livelli di emissione.

Si riporta di seguito l'elenco delle pubblicazioni scientifiche, da me prodotte, nell'attività di ricerca scientifica nel periodo 2011-2014.

- 1- M.E. Conti, R. Jasan, M.G. Finoia, R.Ciasullo, G. Mele, R. Plà (2014). Il monitoraggio biologico mediante uso di licheni applicato alla valutazione della deposizione atmosferica in siti di elevato valore ecologico (Tierra del Fuego, sud Patagonia, Argentina). Atti del XXVI Congresso Nazionale di Scienze Merceologiche; Innovazione, Sostenibilità e Tutela dei Consumatori: L' Evoluzione delle Scienze Merceologiche per la Creazione di Valore e Competitività, 226-236, 13-15 Febbraio 2014, Pisa. ISBN: 9781291743180
- 2- Conti, M.E., Jasan, R., Finoia, M.G., Ciasullo, R., Botrè, F., Iavicoli, I., Plà, R. (2013). Lichen Transplants as Biomonitors of Airborne Elements Deposition in the North Tierra Del Fuego Province (Patagonia, Argentina). Conferenza Internazionale EuroSapienza – Research Center for European International and Development Studies, 6 Novembre 2013 – Roma.
- 3- Conti, M.E., Ciasullo, R., Tudino, M.B., Matta, E.J. (2013). European IPPC BREFs and BATs suspected. The foreseeable impact on industrial emissions seems invisible. Journal of Cleaner Production. (*Second under review*)
- 4- Conti, M.E., Ciasullo, R. (2013). Technical and financial aspects of carbon sink and their connection with carbon market: An overview. International Journal Environment and Health. (*Under review*)
- 5- Ciasullo, R., Scarpitti, M.E., Conti, M.E. (2013). Carbon sink: aspetti tecnici e finanziari. Acqua e Aria (*In press*).
- 6- Ciasullo, R., Conti, M.E. (2013). Direttiva IPPC-IED ed il problema dell'implementazione delle BAT nell' Unione Europea. Periodico di politica scienza e tecnica, Verde Ambiente, Anno XXIX, N. 3. ISSN 1122-6102
- 7- Conti, M.E., Ciasullo, R., Matta, E.J. (2012). Has the Kyoto Protocol reached its main goal? A brief review. International Journal Environment and Health, Vol 6, No. 2. ISSN 1743-4955

# 1. Protocollo di Kyoto

## 1.1 Il problema del cambiamento climatico

Nel corso degli ultimi 200 anni, cioè dall'inizio della rivoluzione industriale, la deforestazione e l'uso dei combustibili fossili (soprattutto carbone e derivati del petrolio) hanno causato l'accumulo di "gas serra" (GHG) nell'atmosfera, causando il riscaldamento globale "*Global Warming*".

Esiste un consenso internazionale circa la responsabilità diretta delle attività umane sull'aumento delle concentrazioni dei gas serra. Attualmente si stima che, il livello delle concentrazioni dei gas serra, originati dalle attività antropiche, è al di sopra del trend storico delle emissioni causato per lo più da fenomeni naturali ([UNFCCC, 1998](#); [WHO, 2009](#); [EPA, 2010](#)).

Nel presente lavoro i termini "*Global Warming*" e "*Climate Change*" sono riferiti ai disturbi originati dalle attività antropiche, e non dovute a fattori naturali. Le principali fonti antropiche di emissioni di gas serra sono la produzione di energia e le attività industriali, che utilizzano nei loro processi produttivi il carbone, il petrolio, la biomassa, i minerali, i sottoprodotti o i rifiuti delle attività industriali ([Hammons, 2006](#)).

Il più importanti gas serra inclusi nell'allegato A del protocollo di Kyoto, sono: la CO<sub>2</sub>, il N<sub>2</sub>O, il CH<sub>4</sub>, i fluorocarburi (HFCs, PFCs) e l'esfluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>). La CO<sub>2</sub> e il N<sub>2</sub>O sono due gas serra prodotti inevitabilmente dal processo di combustione. Le principali fonti artificiali delle emissioni degli NO<sub>2</sub>, derivano dal processo di combustione ad alte temperature che avviene nei motori degli autoveicoli, nei boilers industriali e domestici.

Queste emissioni sono principalmente nella forma di NO che ossidati in atmosfera diventano NO<sub>2</sub>. Il metano (CH<sub>4</sub>) è un gas combustibile di origine fossile, ed è prodotto anche dalla attività microbica sui substrati organici (fermentazione industriale e zootecnica).

I fluorocarburi sono gas molto nocivi, prodotti da processi industriali per le unità di refrigerazione, propellenti per aerosol e solventi (EPA, 1978).

I fluidi alogenati, come i CFC (clorofluorocarburi) e gli HCFC (idroclofluorocarburi), sono stati tolti dal commercio sulla base del protocollo di Montreal del 1987. Il Protocollo di Montreal stabilisce gli obiettivi e le misure per la riduzione delle produzioni e degli usi delle sostanze pericolose per la fascia di ozono.

Di tutti questi gas, la CO<sub>2</sub>, rilasciata in quantità maggiore in atmosfera, provoca un impatto ambientale molto elevato. L'accumulo atmosferico di CO<sub>2</sub> è ulteriormente aggravato dalla continua riduzione delle aree verdi e dei boschi, riducendo così il processo di mitigazione dell'effetto *Global Warming*. Per soddisfare l'obiettivo del Protocollo di Kyoto, attraverso il meccanismo di mitigazione, le aree verdi dovrebbero essere gestite con periodi di lunga rotazione, (*minor tempo di abbattimento*) definendo così un "area permanente" che immagazzini la CO<sub>2</sub>, sia nelle foreste che nel suolo.

La realizzazione di boschi permanenti o di una gestione forestale che allunghi il periodo di rotazione, può produrre più ossigeno e meno CO<sub>2</sub>, catturando il carbonio nel suolo e nelle foreste.

La relazione del Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*) evidenzia un aumento globale delle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a circa l'80% nel periodo 1970-2004 e un aumento del 28% dal 1990 al 2004. L'emissione di CO<sub>2</sub> nel 2004 rappresentava il 77% delle emissioni totali dei gas serra di origine antropica (IPCC, 2007).

Di seguito è riportato il rapporto fornito dall'agenzia americana per la protezione dell'ambiente EPA (*Environmental Protection Agency*) per ciò che riguarda le proiezioni del cambiamento climatico e il rapporto della WHO (*World Health Organization*) relativo alla connessione tra il problema ambientale e lo stato di salute della popolazione esposta:

*“At the current rate, the Earth’s global average temperature is projected to rise from 3°F to 7°F by 2100, and it will get even warmer after that. As the climate continues to warm, more changes are expected to occur,*

*and many effects will become more pronounced over time. For example, heat waves are expected to become more common, severe, and longer lasting. Some storms are likely to become stronger and more frequent, increasing the chances of flooding and damage in coastal communities” (EPA, 2010).*

*“The changing climate will inevitably affect the basic requirements for maintaining health: clean air and water, sufficient food and adequate shelter...A warmer and more variable climate threatens to lead to higher levels of some air pollutants, increase transmission of diseases through unclean water and through contaminated food, to compromise agricultural production in some of the least developed countries, and to increase the hazards of extreme weather.*

*Climate change also brings new challenges to the control of infectious diseases...In the long run, however, the greatest health impacts may not be from acute shocks such as natural disasters or epidemics, but from the gradual build-up of pressure on the natural, economic and social systems that sustain health, and which are already under stress in much of the developing world...Health effects are expected to be more severe for elderly people and people with infirmities or pre-existing medical conditions.*

*The groups who are likely to bear most of the resulting disease burden are children and the poor; especially women...Climate change can no longer be considered simply an environmental or developmental issue. More importantly, it puts at risk the protection and improvement of human health and well-being” (WHO, 2009).*

Gli obiettivi perseguiti dalle economie nazionali risulterebbero insufficienti a mantenere la concentrazione di anidride carbonica e altri gas nocivi entro le soglie critiche. Scegliere economie a bassa produzione di CO<sub>2</sub> e favorire le energie verdi è l'unica possibilità per mantenere la concentrazione di gas serra nell'atmosfera al di sotto della soglia di 530 ppm (parts per million). Un

obiettivo reso più urgente dal recente superamento di quota 400 ppm, ma che si scontra con obiettivi difficilmente compatibili con le attuali economie.

## 1.2. Il protocollo di Kyoto e i suoi meccanismi

Nel maggio del 1992 ([UNFCCC, 1992](#)) le Nazioni Unite hanno elaborato la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*) in seguito denominata “convenzione”, il cui obiettivo è la gestione degli effetti del *Global Warming* e del *Climate Change*.

L'obiettivo del protocollo di Kyoto è quello di limitare e ridurre le emissioni dei gas ad effetto serra “GHG”, in accordo con le raccomandazioni del gruppo di esperti intergovernativi sui cambiamenti climatici (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*), istituito nel 1988 congiuntamente dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO – *World Meteorological Organization*) ed il Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP – *United Nations Environment Programme*).

La convenzione prevede aggiornamenti chiamati “*Protocolli*”, il terzo e il più importante protocollo si è tenuto a Kyoto (Giappone) nel 1997, entrato in vigore il 16 febbraio 2005 ([UNFCCC, 1998](#)).

I paesi firmatari sono stati divisi in due gruppi denominati “*Annex I Parties*” e “*Non-Annex I Parties*”. Nel primo allegato sono individuati 40 membri, tra paesi industrializzati e paesi in economia di transizione, tra cui Germania, Spagna, Italia, Inghilterra e USA, tutti volontariamente impegnati a ridurre i gas GHG di cui all' allegato A. Nell'allegato “*Non-Annex I Parties*” sono inclusi 153 paesi in via di sviluppo, per i quali il Protocollo di Kyoto non ha richiesto alcun impegno sulla riduzione delle emissioni, al fine di non compromettere la loro crescita economica.

I paesi membri elencati nell' Annex I, hanno sviluppato un accordo per limitare e ridurre le emissioni “*al fine di promuovere lo sviluppo sostenibile*”.

I paesi membri non sono tenuti ad attuare una particolare politica, ma piuttosto possono “*attuare o elaborare politiche e misure, in conformità con le circostanze nazionali*”.

Il livello di emissioni consentito ad ogni paese membro è chiamato “AAU - *Assigned Amount Unit*”, e rappresenta l’unità assegnata di “*emissione*”. Ciascun paese membro, inserito nell’Annex I, ha specifici obiettivi di riduzione delle emissioni, i cui livelli sono definiti ad un anno base (*anno di riferimento*).

Il target delle emissioni è sviluppato sulla base di un fattore di 0,92 (*o di riduzione /limitazione dell’ 8 %*) per quasi tutti i paesi europei, con una media di poco meno del 6 % contando tutte le parti dell’allegato I (*Annex B*). Per la maggior parte dei paesi il 1990 rappresenta l’anno base (*di riferimento*). Tuttavia, cinque paesi europei hanno scelto di utilizzare un anno base alternativo nell’intervallo 1986-1989 (UNFCCC, 2008).

I gas GHG sono espressi in “*CO<sub>2</sub> equivalente*”, quest’ultima è indicata con un differente peso relativo per l’impatto stimato sui cambiamenti climatici. La quantità delle unità (AAUs) assegnate, rappresenta il “*diritto*” ad emettere una tonnellata di biossido di carbonio equivalente (*t CO<sub>2</sub>eq*).

Il protocollo di Kyoto può sviluppare la sua politica di riduzione delle emissioni anche tramite il meccanismo di mitigazione descritto nelle attività LULUCF (*Land Use - Land Use Change Forestry*). Le attività LULUCF descrivono le attività di gestione nell’uso e cambiamenti di uso del suolo e la silvicoltura, al fine di preservare la funzione di assorbimento del carbonio (*carbon sequestration*) negli ecosistemi terrestri.

Le attività nel settore LULUCF possono fornire un modo relativamente economico di compensare le emissioni, sia aumentando la rimozioni di gas serra dall’atmosfera (ad esempio piantando alberi o sviluppando forme di gestione forestale) o riducendo le emissioni (ad esempio, riducendo la deforestazione). Le attività LULUCF sono state definite nel 2001 negli accordi adottati a Marrakech, esse sono: la gestione forestale, la riforestazione, la gestione del suolo agricolo e la gestione dei suoli destinati ad attività di

pascolo. Tuttavia, l'applicazione di questi meccanismi non sempre rappresenta un miglioramento reale, questo sarà oggetto di ulteriori discussioni nel capitolo 1.3 “*Le attività LULUCF*”.

Il Protocollo di Kyoto non definisce scientificamente o in dettaglio i concetti di: “*foresta*”, “*afforestazione*”, “*riforestazione*” ed altre aspetti relativi alla gestione forestale.

Per “*afforestazione*” si intende la conversione in foresta, direttamente indotta dall'uomo, di un terreno che non era forestato da almeno 50 anni, attraverso la piantagione, la semina o la promozione di fonti naturali.

Per “*riforestazione*” si intende la conversione in foresta, direttamente indotta dall'uomo, di un terreno non forestato attraverso la piantagione, la semina o la promozione di fonti naturali. Per “*riforestazione*” si intende un terreno che era precedentemente forestato, ma per cause naturali e antropiche è stato deforestato.

Per le attività forestali (artt. 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto) le uniche guide di riferimento sono le linee guida per le attività LULUCF “*Revised 1996 IPCC - Guidelines for LULUCF*” sviluppate dall'istituto IPCC, successivamente implementate dalla linee guida “*The Good Practice Guidance for Land Use Change and Forestry*”, adottate nel 2003 (IPCC, 2003).

Le linee guida sviluppate dall'IPCC per le “*Goods practice guidance*” del 2003 hanno evidenziato che la raccolta del legno, usato per i vari “*prodotti in legno*” (*HWP - Harvest Wood Products*) e soprattutto per le industrie che producono la pasta di cellulosa e prodotti di carta, sembrerebbe non generare alcun effetto in termini di assorbimento di CO<sub>2</sub> (IPCC, 2003). Tuttavia è stato dimostrato, che le piantagioni forestali utilizzate dall'industria per la produzione di pasta di cellulosa, rappresentano un'attività di accumulo di carbonio (Bracelipa, 2008; Bracelipa, 2009).

Un sistema di monitoraggio sulle capacità di sequestro delle unità di CO<sub>2</sub> è rappresentato dall'introduzione degli inventari nazionali. Quest'ultimi sono utilizzati per registrare e documentare le capacità di stoccaggio (*carbon stock*),

permettendo così la gestione ottimale del periodo di rotazione forestale (Cadman, 2008).

L'UNFCCC (1992) ha inoltre istituito diversi strumenti chiamati “*Flexible Mechanisms*”. Tali meccanismi non sono definiti come attività supplementari (esempio LULUCF), ma strumenti economici il cui obiettivo è contribuire alla riduzione delle emissioni dove è economicamente vantaggioso.

Il meccanismo IET (*International Emission Trading*) permette ad ogni paese inserito nell'Annex I di trasferire (o acquisire) le AAUs da un' altro paese inserito nell' Annex I. L' IET non pregiudica l'importo totale assegnato tra i paesi inseriti nell' Annex I, anzi, redistribuisce la quantità assegnata tra i paesi assegnatari. Tuttavia, il numero di unità che un paese può trasferire ad altri paesi è limitato da altre norme.

Il JI (*Joint Implementation*) è un meccanismo basato sullo sviluppo di progetti per ridurre le emissioni o migliorare il sequestro di carbonio, tra paesi sviluppati. Il paese che investe in nuove tecnologie riceve dei crediti per la riduzione o rimozione delle emissioni. Il credito di carbonio rilasciato è chiamato unità di riduzione delle emissioni (*ERU – Emission Reduction Unit*).

Il JI e lo IET, non influenzano l'ammontare totale assegnato collettivamente tra i paesi elencati nell' Annex I.

Il CDM (*Clean Development Mechanism*) è un meccanismo basato su attività i cui crediti sono generati da progetti di riduzione delle emissioni o di progetti di *afforestazione* e *riforestazione* nei paesi in via di sviluppo che hanno ratificato il Protocollo di Kyoto. Vale la pena notare che le attività LULUCF possono essere utilizzate all'interno dei meccanismi CDM. Al momento ci sono circa 4.000 progetti di energia registrati nello stato di Maharashtra (India) con l'obiettivo di ridurre le emissioni dei gas serra pari a 21.807 tonnellate l'anno (UNFCCC, 2012).

Il numero dei progetti CDM è aumentato notevolmente dal 2004. Nel 2011 sono stati registrati 2.740 progetti (50% in più rispetto a quelli del 2010). Nel febbraio 2012, sono stati registrati 256 progetti CDM e rappresentano il più alto numero di progetti registrati per le attività CDM (UNFCCC, 2012).

A differenza dei progetti IET e JI, i progetti CDM creano nuovi crediti che possono essere acquisiti dai paesi dell'Annex I, ciò permette un aumento della quantità totale assegnata a disposizione per i paesi inseriti nell'Annex I e l'aumento del livello consentito di emissioni (UNFCCC, 2008). Di conseguenza, l'attuazione di progetti CDM e la procedura di approvazione richiedono rigorose regole.

Il protocollo di Kyoto rappresenta uno degli accordi fondamentali tra i Paesi sviluppati, il cui obiettivo principale è quello di ridurre la concentrazione atmosferica dei gas GHG. Ad integrazione dei “*Flexible Mechanisms*”, la mitigazione dei gas GHG può essere ottenuta dalle attività LULUCF.

La rimozione non annulla l'obbligo di ridurre le emissioni; per ora l'unica forma ammissibile di rimozione è la corretta gestione del settore agricolo e forestale, nonché le attività di “*riforestazione*” e di “*afforestazione*”. Attraverso queste attività, i Paesi possono generare, cancellare, acquistare o trasferire quote di emissione, che aumentano o diminuiscono la quantità a loro assegnata.

Il Protocollo di Kyoto ha stimolato il mercato delle “*unità*” o dei “*crediti di carbonio*” solo per aiutare i Paesi inseriti nell'Annex I a soddisfare il primario obiettivo della convenzione UNFCCC.

### 1.2.1. *Il mercato regolamentato delle emissioni EU-ETS.*

Diversi paesi nel raggiungere gli obiettivi sottoscritti a livello internazionale, hanno adottato misure nazionali o sovranazionali simili alle regole imposte dal Protocollo di Kyoto. Il caso più emblematico è rappresentato dal sistema europeo per lo scambio di quote di emissione (*EU-ETS - European Union - Emission Trading Scheme*).

Il sistema di scambio delle emissioni dei gas serra è stato recepito nella UE dalla Direttiva EU-ETS 2003/87/CE (European Commission, 2014). Il Sistema europeo per lo scambio delle quote di emissione può essere definito

come la principale misura adottata dall'Unione Europea, in attuazione del Protocollo di Kyoto. L'obiettivo del sistema EU-ETS è ridurre le emissioni di gas a effetto serra nei settori energivori, ovvero i settori industriali caratterizzati da maggiori emissioni.

Le prime due fasi del mercato ETS, previste dalla Direttiva Comunitaria 2003/87/CE, sono state le seguenti:

- 1) La I° fase, periodo pilota, anticipava la data di entrata in vigore degli obblighi previsti dal protocollo di Kyoto, per il periodo 2005-2007;
- 2) La II° fase, coincidente con il periodo di attuazione del protocollo di Kyoto con durata quinquennale 2008-2012.

La Direttiva EU-ETS ([European Commission, 2014](#)), stabilisce che per ogni periodo di assegnazione (2005-2007, 2008-2012) ogni Stato membro elabori un Piano Nazionale di Allocazione (PNA). Tale piano definisce le quote assegnate a ogni singolo impianto energetico o energivoro presente nello Stato membro, in conformità ai criteri esplicitati nell'Allegato III della Direttiva.

L' EU-ETS è uno dei meccanismi flessibili (insieme al CDM e JI) forniti dal Protocollo di Kyoto. Ogni impianto industriale nell' UE, può compensare le proprie emissioni con quote di emissione europee (EUAs - *European Union Allowances*), che derivano dalle (AAUs - *Assigned Amount Units*) attribuite dal Protocollo di Kyoto all' UE.

Le “*units*” e le “*allowances*” equivalgono ad 1 tonnellata di CO<sub>2eq</sub>, e possono essere comprate e vendute nel mercato del carbonio. Gli impianti possono utilizzare a questo fine anche crediti di emissione non europei, derivanti da progetti realizzati nell'ambito dei meccanismi di progetto del Protocollo di Kyoto (CDM e JI).

L' EU-ETS si configura come un sistema “*cap*” e “*trade*”, il quale fissa un tetto massimo “*cap*” al livello totale delle emissioni consentite a tutti i soggetti vincolati dal sistema, e consente ai partecipanti di acquistare e vendere sul mercato “*trade*” i *diritti di emissione* di CO<sub>2</sub> “*quote*” secondo le loro necessità, all' interno del limite stabilito.

Oltre il mercato del carbonio, per rispettare gli obiettivi di mitigazione del protocollo di Kyoto, gli impianti industriali possono investire nelle BATs (*Best Available Technologies*), scegliendo opportune tecnologie a basso contenuto di carbonio o attraverso misure di efficienza energetica.

La logica del mercato del carbonio definita nel Protocollo di Kyoto si fonda sul teorema di Coase ([Gargiulo, 2010](#)). Il principio su cui si fonda il teorema di Coase è la negoziazione del diritto di proprietà:

*...” nella gestione dell'inquinamento e delle esternalità, le negoziazioni di mercato tra le parti fanno tendere verso un equilibrio socialmente ottimale a prescindere da chi possieda il diritto di proprietà” ...*

L'assegnazione dei diritti di proprietà tra chi inquina e chi subisce l'inquinamento permette di raggiungere un equilibrio sociale ottimale mediante il libero gioco delle forze di mercato, senza ricorrere all'intervento statale per regolamentare le esternalità.

Il libero mercato dei crediti di carbonio così imposto dovrebbe limitare le emissioni dei gas GHG preventivamente stabiliti dai vari governi aderenti al Protocollo di Kyoto.

La quantità complessiva consentita di emissioni è funzionale al numero di permessi stabiliti per ciascuno Stato. I permessi concessi ad ogni Paese (es. Unione Europea) e distribuiti tramite le autorità competenti tra le imprese autorizzate determinano il livello di inquinamento consentito per le medesime. L'impresa che inquina in misura inferiore rispetto al numero di permessi in suo possesso riceve una quantità di crediti che può conservare o vendere sul mercato. Ovviamente conviene vendere i permessi se i costi marginali di abbattimento dell'inquinamento (es. tecnologie BATs) sono inferiori al prezzo di mercato dei permessi.

La commercializzazione dei permessi è uno dei meccanismi che concorre ad ottimizzare il rapporto costi/benefici derivanti dalla riduzione dei gas serra.

Se le imprese hanno bassi costi di abbattimento, gli investimenti sono diretti sulle tecnologie, diversamente se i costi di abbattimento sono elevati sarà conveniente ricorrere all'acquisto dei permessi “*crediti di carbonio*”.

### 1.2.2. *L'assegnazione delle quote nell'Unione Europea.*

Gli stati membri della Unione Europea assegnano le quote agli operatori a titolo oneroso attraverso aste pubbliche europee. Le aste si svolgono su piattaforme d'asta di mercati del carbonio regolamentati tramite gara d'appalto europea.

Il meccanismo d'asta definisce le procedure per consentire l'incontro dei soggetti portatori di domanda e offerta delle quote.

Il Regolamento d'Asta, definisce:

- 1- il calendario d'asta comune, armonizzato tra tutte le piattaforme;
- 2- consente l'incontro tra domanda e offerta di quote di emissione;
- 3- definisce le caratteristiche di vendita delle quote;
- 4- gestisce il meccanismo di formazione del prezzo;
- 5- garantisce la positiva conclusione dello scambio di quote per denaro (GSE, 2013).

La domanda e l'offerta identificati nel punto (2), possono essere così disaminate:

- L'offerta è costituita dagli Stati membri proprietari e detentori delle quote. Il Regolamento d'Asta definisce la figura dell' *Auctioneer*, quale rappresentate di uno o più Paesi membri nel collocamento delle aste sul mercato;
- La domanda è costituita dagli operatori sottoposti ai vincoli della direttiva ETS. Il Regolamento d'asta individua le categorie dei partecipanti.

Il sistema delle aste introdotto dalla Direttiva EU-ETS (2003/87/CE) ([European Commission, 2014](#)) è stato modificato dalla Direttiva 2009/29/CE, stabilendo che dal 2013 il criterio principale di allocazione delle quote per gli impianti industriali è a titolo oneroso e non più a titolo gratuito, basato sul trend delle emissioni storiche.

Per le attività industriali produttrici di energia elettrica e gli impianti che svolgono attività di cattura, trasporto e stoccaggio del carbonio (*CCS – Carbon Capture and Storage*), dovranno approvvigionarsi tramite il meccanismo d’asta di quote per l’intero ammontare del proprio fabbisogno, invece per i settori manifatturieri e il settore dell’aviazione, il meccanismo d’asta potrà essere utilizzato per il fabbisogno eccedente la quantità delle quote assegnate a titolo gratuito ([Ministero dello Sviluppo Economico, 2012](#)).

Le aste possono essere definite come un meccanismo di allocazione che sfrutta il mercato al fine di individuare un prezzo per le quote non aleatorio, ma bensì definito dal mercato europeo del carbonio. Il meccanismo d’asta è l’incontro tra domanda e offerta in funzione del rapporto tra le emissioni verificate degli impianti (sottoposti alla Direttiva EU-ETS) e le quote in circolazione.

Le quote sono caratterizzate da tre requisiti:

- 1- il titolo di proprietà;
- 2- la tracciabilità;
- 3- la bancabilità.

La “*proprietà*” delle quote appartiene originariamente ad ogni singolo Stato membro che ha aderito agli obiettivi del Protocollo di Kyoto, successivamente le quote vengono trasmesse attraverso la vendita all’asta o l’assegnazione a titolo gratuito agli operatori. Il passaggio di proprietà delle singole quote varia in relazione alla domanda e l’offerta dei richiedenti.

Le quote sono identificabili o “*tracciabili*” con stringhe alfanumeriche trascritte su un registro elettronico regolato e gestito a livello europeo. L’obiettivo del registro è la tracciabilità delle quote, ovvero registrare il passaggio di proprietà tra i vari richiedenti. Il registro prende il nome di

*European Union Transaction Log (EUTL)*. La registrazione di una quota su un conto ne assegna il diritto di proprietà al titolare del conto stesso, contemporaneamente la funzionalità del registro è anche quella di strumento attraverso il quale gli operatori sono vincolati dalla direttiva per adempiere agli obblighi di compensazione delle emissioni, restituendo entro il 30 aprile di ogni anno un quantitativo di quote pari alle emissioni verificate nell'anno solare precedente.

La “*bancabilità*” indica che le quote possono essere utilizzate in periodi di obbligo successivi a quello di generazione, rilascio o acquisto. Ciò indica che una quota può non essere restituita, entro aprile dell'anno di assegnazione o di acquisto (GSE, 2013).

Il mercato delle quote di carbonio, si divide in due tipologie di mercato: il mercato primario e il mercato secondario.

Il mercato primario è il sistema di allocazione primaria delle quote di emissione sia a titolo oneroso che gratuito.

Il mercato secondario è costituito da quote che sono state comprate e/o vendute dopo essere state assegnate o mediante il meccanismo d'asta o gratuitamente.

### 1.2.3. *Le piattaforme d'asta e il mercato dei diritti di emissione*

Per il commercio delle quote di carbonio, la maggioranza dei Stati membri ha aderito ad una piattaforma d'asta comune transitoria. In particolar modo la piattaforma d'asta comune è composta da 24 Stati membri, quali: Austria, Belgio, Bulgaria, Repubblica Ceca, Cipro, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Grecia, Malta, Paesi Bassi, Portogallo, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Ungheria. Attualmente esistono tre piattaforme d'asta transitorie:

- 1- *European Energy Exchange AG (EEX)*, conosciuta come *Transitional Common Auction Platform (t-CAP)*, realizzata tramite gara d'appalto nella primavera del 2012, in cui partecipano i 24 Stati membri, più i

paesi dello Spazio Economico Europeo (SEE) (Islanda, Norvegia, e Liechtenstein) ed è operativa dal novembre 2012. Su questa piattaforma sono stati messi in commercio circa il 70% del totale delle quote dei 27 Stati membri;

La Germania e il Regno Unito, hanno scelto di sviluppare una propria piattaforma d'asta:

- 2- La Germania ha individuato la piattaforma *European Energy Exchange AG (EEX DE)*, sviluppata per gestire la propria piattaforma d'asta nazionale, e come per la t-CAP, anch'essa opera in modalità transitoria. Il governo tedesco ha posto all'asta circa 19.61% delle quote totali;
- 3- Il Regno Unito ha individuato la piattaforma *ICE Future Europe*, per mettere all'asta circa il 10.22 % delle quote totali.

La realizzazione delle tre piattaforme transitorie è stata ratificata a livello normativo, e possono essere utilizzate da tutti gli operatori vincolati al sistema ETS a prescindere dalla loro nazionalità, al fine di garantire gli obiettivi del Protocollo di Kyoto.

Le tipologie di contratto con cui vengono allocate le quote di carbonio sono: la “*consegna immediata*” (es: il cosiddetto mercato spot); transazioni di “*prodotti derivati da quote*” (es: forwards, futures, opzioni e swaps) ([European Union, 2010a](#)).

Il mercato “*spot*” è un mercato che prevede un prezzo a cui deve seguire un pagamento immediato. Il prezzo “*spot*” di un bene si riferisce al prezzo che si deve pagare per ottenere la consegna immediata di tale bene.

Con l'espressione “*prodotti derivati*” ci si riferisce a quella categoria di strumenti finanziari il cui valore economico risulta legato al valore di una particolare attività *sottostante*, cui si fa riferimento. La natura dell'attività *sottostante* può essere di vario tipo: il prezzo di uno strumento derivato può ad esempio essere legato al valore di una valuta, ad un tasso di cambio, ad un tasso di interesse, ad un indice di borsa, ad una commodity.

Esistono diversi tipi di strumenti derivati: tra le tipologie maggiormente conosciute e diffuse di strumento derivato è possibile trovare: *le opzioni, i futures, i forward, e gli swaps*.

- Le *opzioni* sono uno strumento derivato che conferisce ad un soggetto (*dietro pagamento di un premio*) la possibilità di comprare o vendere una certa attività finanziaria ad un prezzo predeterminato (*strike price*) in una certa data o entro una certa data;
- I *futures* sono anch'essi dei contratti a termine, ma rispetto ai forward sono standardizzati e quindi negoziabili in mercati regolamentati, con i quali le parti si impegnano a scambiarsi alla scadenza un certo quantitativo dell'attività sottostante a un prezzo prestabilito;
- I *forward* sono contratti a termine, di acquisto o di vendita, in cui il regolamento avviene in una data futura con la consegna dell'attività oggetto del contratto mentre, il prezzo di consegna (*o prezzo a termine*) viene stabilito al momento della stipula del contratto. Il contratto può concludersi con l'effettiva consegna del bene che con il pagamento di differenziali in contanti;
- Gli *swaps* sono contratti in cui due parti si scambiano a pronti ed a termine flussi finanziari, periodici o una tantum, che sono calcolati applicando uno schema predefinito, differente per le due parti, a una certa attività.

Gli strumenti *derivati* possono essere utilizzati a fini di copertura (*hedging*), come una forma di assicurazione contro i possibili rischi dei mercati, o a fini speculativi (*trading*), con lo scopo, cioè, di ottenere profitti economici sfruttando la loro volatilità ([Finanza Aperta, 2009](#)).

### 1.3. Le attività LULUCF

I meccanismi delle attività LULUCF sono rappresentati dai *carbon sink*. Quest'ultimi sono dei processi naturali di sequestro del carbonio (*carbon sequestration*), utili a compensare le fonti di emissione di anidride carbonica (*carbon offset*) tramite lo strumento di mercato (*carbon market*).

E' interessante evidenziare che le foreste agiscono come *carbon sink* quando il bilancio netto tra anidride carbonica assorbita (*carbon sequestration*) e l'anidride carbonica emessa in atmosfera è positivo, quando invece il bilancio è negativo le foreste sono definite *carbon source*, perché non hanno più la capacità di fissare nella propria biomassa le quantità di carbonio (*carbon stock*) (UNFCCC, 2002).

Dal punto di vista finanziario, le attività del settore LULUCF, possono fornire in modo relativamente conveniente la compensazione delle emissioni, sia aumentando la rimozione dei gas GHG dall'atmosfera (piantando alberi o promuovendo la gestione forestale), oppure attraverso la riduzione delle emissioni (attraverso il contenimento della deforestazione) (UNFCCC, 2013a). Contemporaneamente alle attività LULUCF esistono anche le attività REDD (*Reducing emissions from deforestation and forest degradation*). Le attività REDD permettono di ridurre le emissioni da attività di deforestazione e di degrado delle foreste, con interventi di conservazione e gestione sostenibile delle foreste unitamente alla valorizzazione degli stock di carbonio nei paesi in via di sviluppo (UNFCCC, 2013b).

Particolare interesse è stato posto alle attività LULUCF ai sensi degli artt. 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto. Le attività forestali sono così divise:

- Nell'art. 3.3 si prevede che le attività di imboscamento/forestazione "*afforestation*" e riforestazione "*reforestation*", siano contabilizzate per soddisfare gli obiettivi di riduzione delle emissioni dei gas GHG; diversamente le emissioni causate da attività di deforestazione "*deforestation*" sono sottratte dalla quantità di emissione che un paese industrializzato (Annex I) può emettere;

- Nell'art 3.4 si prevede che oltre alle attività di cui sopra, rientrino nelle attività LULUCF la gestione forestale, la gestione dei terreni coltivati, la gestione dei pascoli e la gestione della ri-vegetazione.
- In riferimento all'art. 12 del Protocollo di Kyoto le attività LULUCF possono essere implementate nei progetti CDM solo per le attività di imboschimento/forestazione “*afforestation*” e riforestazione “*reforestation*” nei paesi No-Annex I.
- In riferimento all'art. 6 del Protocollo di Kyoto le attività LULUCF possono essere implementate nei progetti JI per aumentare l'assorbimento dei gas GHG in un altro paese Annex I ([UNFCCC, 2013c](#)).

Generalmente le attività forestali LULUCF sono riconducibili ad attività forestali in senso proprio e ad attività legate all'uso del suolo agricolo per il rilascio o assorbimento del carbonio.

La capacità di assorbimento del carbonio dipende da molti fattori, come l'età degli alberi, il clima locale, e il tasso di sviluppo degli alberi, quindi poter calcolare la quantità di CO<sub>2</sub> sequestrata è un processo alquanto complesso e difficile.

Un primo problema riscontrato nell'attuare i progetti LULUCF, sono i differenti obiettivi di attuazione tra i paesi sviluppati che hanno aderito agli obiettivi del Protocollo di Kyoto (es. UE), e i paesi sviluppati che non hanno ratificato il Protocollo di Kyoto (es. USA).

I differenti obiettivi con cui vengono svolte le attività di mitigazione dei cambiamenti climatici possono produrre attività e forme di gestione forestale improprie rispetto agli obiettivi stessi del Protocollo di Kyoto. Ad esempio l'uso della monocoltura in America del Sud, nell'ambito dei progetti forestali (progetti CDM), è in alcuni divergente dal concetto di sviluppo sostenibile, con evidenti impatti nel processo di mitigazione dei cambiamenti climatici.

La differente modalità di calcolo delle unità sequestrate di CO<sub>2</sub>, potrebbe rappresentare il primo motivo degli investimenti forestali nei paesi in via di

sviluppo, perché non esiste un unico corpo normativo. Il prodotto ricavato (*biomassa*) da nuovi progetti forestali o da progetti di gestione forestale, è utilizzato come forma di investimento finanziario per alcune attività industriali per la produzione di energia a basso costo. La biomassa può essere utilizzata con il duplice obiettivo di generare anche unità di carbonio “*carbon credit*” che possono essere venduti nei mercati finanziari.

L'UNFCCC definisce “*foresta*” lo stock di carbonio globale che può essere immagazzinato, e definisce biomassa “*rinnovabile*” il livello di stock di carbonio (immagazzinato nella foresta) che non diminuisce sistematicamente nel tempo. Lo stock di carbonio dipende dalle attività antropiche (es. raccolta del legno).

Romijn et al., (2013) riportano che la definizione internazionale di foresta, come proposto dal gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) nella UNFCCC, si basa sul sistema di classificazione della vegetazione proposto dalla FAO (*Food and Agriculture Organization delle Nazioni Unite*) (IPCC, 2006).

Diversamente le definizioni nazionali di foresta differiscono da quella internazionale (UNFCCC), ad esempio in Indonesia la classificazione della copertura del suolo è basata sulla terminologia dell' UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). Ciò implica che alla definizione internazionale di “foresta” siano associate ad esempio le piantagioni di acacia, eucalipto e teak, considerate secondo il governo indonesiano piantagioni forestali (Romijn et al., 2013). L' uso della monocoltura (es. eucalipto) ha una tradizionale funzione produttiva, tuttavia le colture arboree sono attualmente promosse anche per la mitigazione del cambiamento climatico, perché funzionano come serbatoi di carbonio “*carbon stock*” (Gerber et al., 2011).

Poiché nella convenzione UNFCCC non vi è una definizione completa di foresta, ciò potrebbe lasciare ampi margini di interpretazione, per i paesi investitori nell' utilizzo delle differenti specie arboree per i progetti forestali. La non esatta definizione di “foresta” implica investimenti economici in Paesi

dove le leggi ambientali sono meno restrittive e dove è economicamente conveniente. In base a questa logica non appare improbabile che si possono verificare delle situazioni non sempre compatibili con la tutela dell'ambiente. Basti pensare alle imprese che promuovono piantagioni di monocoltura per la produzione di pasta di cellulosa, legname e altri beni naturali, spesso con pesanti impatti ambientali e sociali.

### 1.3.1. *Alcuni aspetti tecnici di gestione dei carbon sink.*

Generalmente le attività forestali LULUCF sono riconducibili ad attività forestali in senso proprio e ad attività legate all'uso del suolo agricolo che possono agire come fonti di rilascio o fonti di assorbimento e stoccaggio del carbonio ([Chiabai et al., 2011](#)).

La capacità tecnica di stock del carbonio (*potenziale biofisico*) può essere influenzata dall'incertezza delle stime di valutazione. Le molteplici variabili che influiscono sensibilmente la capacità di carbon stock sono: il tipo di terreno, il tipo di zona alberata, il tipo di foresta, la resa del legname, la capacità di carbon stock o il volume di biomassa per classe di età, la produttività del sito, la produzione e la generazione dei rendimenti ([Depro et al., 2008](#)).

I settori di origine antropica individuati dalla UNFCCC che costituiscono le sorgenti dei gas GHG sono: i settori per la produzione di energia, i processi industriali, le attività agricole, lo smaltimento dei rifiuti e le attività LULUCF ([Schlamadinger et al., 2007](#)). Queste ultime, a differenza degli altri settori precedentemente citati, contribuiscono alla mitigazione dei gas GHG.

Le attività di supporto al processo di mitigazione sono:

- la fornitura di energia rinnovabile;
- la sostituzione di prodotti fossili ad alta intensità di carbonio;
- la riduzione delle emissioni dei gas no CO<sub>2</sub> , per esempio nelle attività agricole;

- il sequestro del carbonio attraverso la valorizzazione degli ecosistemi terrestri (*carbon stock*);
- la conservazione degli stock di carbonio esistenti (attraverso la riduzione della deforestazione, del degrado forestale e del processo di degradazione del suolo).

Schlamadinger et al. (2007) riportano che la gestione forestale delle attività LULUCF dipende da tre caratteristiche principali:

1.  *saturazione*, relativa ai limiti della capacità di stoccaggio del carbonio (*capacità biologica*);
2. la non  *permanenza* dello stoccaggio di carbonio relativa alla reversibilità del sequestro di carbonio in atmosfera. Eventi naturali o differenti scelte di gestione forestale e territoriale, possono contribuire ad aumentare lo stock di carbonio su una data superficie di terreno, oppure diminuirne la capacità di stoccaggio;
3. la  *capacità di stock* di carbonio in una data area (*suolo*) non è sempre costante. Tanto che può essere influenzata da attività naturali e dalle attività antropiche. Ad esempio, una zona potrebbe essere alberata per aumentare la capacità di stoccaggio del carbonio, ma a seguito delle attività naturali (es. siccità, cambiamenti di temperatura, precipitazioni, ecc.), possono causare degli effetti positivi o negativi sugli aumenti e/o diminuzioni delle quantità di carbonio sequestrate.

Le foreste costituiscono i principali elementi del ciclo del carbonio, e forniscono un riscontro sulle capacità di concentrazione dei gas serra in atmosfera (Pan et al., 2011).

Stephenson et al. (2014) riportano che su un'analisi globale di 403 specie di alberi tropicali e temperati, il tasso sequestro della CO<sub>2</sub> aumenta con la dimensione fisica dell'albero. Quindi, gli alberi di grandi dimensioni e di età adulta, non fungono solo come serbatoi (*carbon stock*), ma fissano attivamente

grandi quantità di carbonio rispetto agli alberi di piccola dimensione (Stephenson et al., 2014).

Un interessante studio pubblicato sulla rivista *Nature* (Magnani et al., 2007), riporta che la capacità di sequestro del carbonio dipende anche dal deposito di azoto (N). Il modello di simulazione utilizzato per le regioni temperate e boreali (Townsend et al., 1996), evidenzia che la deposizione di azoto può aumentare la capacità di sequestro del carbonio da 0,44 a 0,74 Pg anno<sup>-1</sup> (Petagrammi<sup>3</sup> di carbonio anno). Questo studio analizza che l'input aggiuntivo di azoto indotto dalle attività umane, può contribuire ad aumentare la capacità di carbon stock, a fronte di fattori indiretti.

Si pone particolare attenzione alle attività di mitigazione esercitate dai *carbon sink*, perché è proprio attraverso le attività forestali che si può giocare un ruolo positivo nel raggiungere gli obiettivi del Protocollo di Kyoto; è ampiamente riconosciuto il vantaggio delle attività forestali in termini di efficienza economica (*cost-effectiveness*) nella mitigazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (Sohngen e Brow, 2008). Il vantaggio in termini di efficienza economica può essere raggiunto quando c'è una condizione di equilibrio tra l'estensione del periodo di rotazione delle foreste (periodo utile per il sequestro del carbonio) e i costi di sequestro del carbonio. I costi marginali dovuti al periodo di estensione di rotazione delle foreste per il sequestro di carbonio, dipendono da alcuni fattori come il prezzo, la produzione e il tipo di legno (Sohngen e Brow, 2008).

I *carbon sink* possono contribuire al sequestro del carbonio anche con attività differenti dagli interventi di *afforestazione* e di *riforestazione*, nonché tramite l'attuazione dei regimi di gestione forestale (Daigneault et al., 2010).

Si stima che il processo di *carbon sequestration* nelle foreste USA abbia contribuito al sequestro di 162 Tg C anno<sup>-1</sup> (Teragrammi<sup>4</sup>) di carbonio l'anno nel periodo 1990-2005. L'aumento del tempo di rotazione delle foreste in USA ha aumentato la capacità di immagazzinamento (*carbon stock*) della

---

<sup>3</sup> Pg (Petagrammo) = 10<sup>15</sup> = mille milioni di tonnellate.

<sup>4</sup> Tg (Teragrammo) = 10<sup>12</sup> = un milione di tonnellate.

CO<sub>2</sub>, contribuendo positivamente alle attività di mitigazione (Woodbury et al., 2007).

Gli autori evidenziano che:

*“The pool with the largest carbon stock were not the same as those with the largest sequestration rates, except for tree pool. For example, landfilled wood products comprise only 3% of total stocks but account for 27% of carbon sequestration. Conversely, forest soils comprise 48% of total stocks but account for only 2% of carbon sequestration.”*

Anche se ci sono incertezze sulla stima dei flussi di carbonio, le foreste, gli alberi urbani e i prodotti in legno contribuiscono positivamente alla capacità sequestro di carbonio, pari a circa il 65-91% (Woodbury et al., 2007).

Un caso di studio sull'aumento della capacità di stoccaggio del carbonio dovuto all'aumento del tempo di rotazione è stato condotto anche da Nepal et al. (2012) nel Mississippi (USA). Gli autori analizzano che la potenzialità di stoccaggio del carbonio può essere aumentata di 6.11 tonnellate CO<sub>2</sub> eq per ettaro (ha) aumentando il periodo di rotazione a 5 anni; una potenzialità di stoccaggio del carbonio pari a 67.07 tonnellate CO<sub>2</sub> eq per ettaro (ha), può invece essere ottenuta con un periodo di rotazione aumentato di 65 anni (Nepal et al., 2012). La stima della capacità di sequestro del carbonio nella biomassa è stata calcolata sulla base di equazioni relative ai volumi regionali ed in rapporto al peso specifico, utilizzando un modello di simulazione chiamato *Forest Vegetation Simulator*.

E' interessante evidenziare che l'aspetto dell'aumento del tempo di rotazione dei boschi dipende anche dal prezzo di mercato delle unità di carbonio. Infatti, studi sulla flessibilità finanziaria di sequestro del carbonio riportano che, all'aumentare del valore delle unità di carbonio sequestrato, migliora la sostenibilità finanziaria nel gestire le foreste nei lunghi periodi di rotazione (Nepal et al., 2009).

Un problema ormai noto nei carbon sink è la tecnica di contabilizzazione (*carbon accounting*) delle unità di carbonio sequestrate (*carbon sequestration*)

e la difficoltà di verificare la capacità di stoccaggio (*carbon stock*) unitamente alla variazione delle scorte di carbonio.

Ad esempio in Germania le differenti metodologie di simulazione applicate nelle procedure di *carbon accounting*, possono incidere sulla stima della capacità di sequestro di CO<sub>2</sub>, creando incertezze sul futuro politico ed economico, nonché problemi di gestione forestale (Krug et al., 2009).

La contabilizzazione del carbonio infatti si ripercuote sia sugli aspetti tecnici di misurazione del carbonio sequestrato, sia sugli effetti legati al finanziamento del mercato del carbonio stesso (*carbon market*). La realizzazione e la gestione di un mercato dei diritti di emissione presenta inoltre difficoltà legate alla lentezza del riconoscimento del problema (*carbon accounting*), alle lotte politiche e all'aspetto delle lobby aziendali (Hopwood, 2009).

Emerge così la necessità della riforma del sistema di contabilizzazione dei crediti di carbonio, sia per i sistemi internazionali (UNFCCC e il Protocollo di Kyoto) che per i sistemi nazionali (UE), perché essi presentano schemi differenti di conteggio dei crediti, con conseguenti impatti avversi sull'uso delle risorse forestali. Ad esempio in Unione Europea il conteggio dei crediti di carbonio derivante dalle attività LULUCF non è ancora riconosciuto nella piattaforma EU-ETS (*EU-Emissions Trading System*); ad esempio per le attività di raccolta del legno HWP (*Harvested Wood Products*) non è stata individuata nessuna attività di conteggio dei crediti di carbonio (Ellison et al., 2011).

La decisione n° 529/2013/UE (21 maggio 2013) del Parlamento Europeo e del Consiglio Europeo (European Union, 2013), ratificano i principi contabili per l'assorbimento delle emissioni dei gas serra relativi alle attività LULUCF. Il primo articolo della decisione riporta che:

... *“This Decision sets out accounting rules applicable to emissions and removal of greenhouse gases resulting from land use, land use change and forestry ('LULUCF') activities, as a first step toward the inclusion of those activities in the Union's emission reduction commitment, when*

*appropriate. It does not lay down any accounting or reporting obligations for private parties. It sets out the obligation for Member States to provide information on their LULUCF actions limit or reduce emission and to maintain or increase or increase removal”... (European Union, 2013).*

L'attuale sistema di *carbon accounting*, quindi, non permette l'attuazione di una politica in termini di *cost-effectiveness* per un uso equilibrato ed efficiente delle risorse forestali. Diversamente incentivando l'uso delle foreste e dei prodotti forestali con una completa contabilizzazione di tutte le attività LULUCF, si potrebbe contribuire significativamente a stimolare l'uso dei programmi REDD+ ed incentivare l'uso dei progetti CDM (attualmente sottoutilizzati) come risorse forestali (Ellison et al., 2011).

La contabilizzazione del carbonio (*carbon accounting*), in quanto aspetto essenziale per l'attuazione dei meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto, rappresenta uno degli elementi di redditività economico-finanziaria delle attività LULUCF legate alle attività di *carbon offset* nel mercato del carbonio (*carbon market*).

Oltre alle incertezze dei metodi di contabilizzazione del carbonio, esistono altri problemi legati alla redditività finanziaria di un progetto forestale. La redditività di un progetto forestale dipende infatti dalla differente qualità del sito forestale, dai regimi di gestione forestale e dalla pianificazione geometrica del sito, tutti fattori che possono incidere in diverso modo sui tassi di sequestro del carbonio (*carbon sequestration*) (Paul et al., 2013).

Alisciani et al. (2011) definiscono l'incremento addizionale di assorbimento di CO<sub>2</sub>, come:

$$\Delta C = \sum_{i \rightarrow n}^{i+n} H_k - H_o$$

Alisciani et al. (2011) riportano che  $H_0$  rappresenta la variazione annuale/periodica della quantità di carbonio stoccata dal soprassuolo forestale sottoposto al modello colturale corrente, invece  $H_k$  rappresenta la variazione annuale/periodica della quantità di carbonio stoccata per effetto del nuovo modulo colturale adottato per accrescere l'efficienza di assorbimento di carbonio. Gli AA, definiscono  $\Delta C$  come la differenza dell'incremento (*carbon sequestration*) del carbonio annuale o periodico, per effetto delle differenti scelte dei moduli colturali nelle operazioni di gestione forestale (Alisciani et al., 2011).

Altro problema legato alla redditività economica di un progetto forestale è la rilevazione della capacità di *carbon stock*, ovvero la quantità di carbonio immagazzinato nell'ecosistema forestale. Andersson et al. (2009) propongono uno strumento di collegamento tra gli obiettivi dei responsabili politici (policy makers) e gli studiosi specializzati nel monitoraggio delle risorse forestali. Lo strumento è l' inventario nazionale del carbonio forestale. L'obiettivo dell' inventario è la rilevazione dei dati su misure dirette attribuite alla massa legnosa. Questo strumento nasce come compromesso tra i responsabili politici e le tecniche per individuare le aree con maggiore capacità di *carbon stock*, che rispettino i seguenti criteri: costo, precisione, accuratezza, tempestività e trasparenza dei dati (Andersson et al., 2009).

La potenzialità del *carbon stock* tipica delle attività LULUCF nel ridurre le emissioni di  $CO_2$  (*carbon sequestration*), dipende da fattori intrinseci regionali, da fattori di sostenibilità dei differenti usi del suolo, e dalle politiche di mitigazione del carbonio (Nabuurs et al., 2007).

Un esempio è lo studio condotto nel sud-est dell' Inghilterra, nel quale sono stati considerati tre scenari futuri basati sulle attuali politiche e piani sia su scala nazionale che su scala regionale del governo UK per 11 tipi di uso del suolo (Cantarello et al., 2011). Gli scenari strategici valutati sono stati:

- la ricostruzione della biodiversità, ripristinando le condizioni di habitat per 824.244 ettari, considerate aree di natura strategica;
- strategia forestale, per la costituzione di nuovi 16.000 ettari di bosco;

- strategia sull'uso della biomassa, per la conversione di 65.513 ettari di terreno arabile in colture bio-energy.

La capacità di immagazzinamento (*carbon stock*) nei tre scenari sopra evidenziati cambia al variare degli indici di densità di carbonio per la vegetazione e di densità organica del suolo per gli 11 differenti tipi di *land-use* studiati. La densità organica del suolo potrebbe essere utilizzata come indicatore per identificare le aree con maggiore capacità di *carbon stock* e i potenziali impatti nel modificare gli attuali usi del suolo. La maggiore capacità di *carbon stock* dovrebbe essere detenuta dalla strategia forestale, seguita da quella della ricostruzione della biodiversità e da quella relativa all'uso della biomassa (Cantarello et al., 2011; Shanin et al., 2011). Anche se il settore forestale presenta le maggiori capacità di sequestro di carbonio, non sono da escludere anche le capacità di assorbimento del suolo e della vegetazione.

Le attività agricole possono essere considerate come un'alternativa al processo di mitigazione del cambiamento climatico (Aertsens et al., 2013). Le attività agricole sono costituite dalle attività agro-forestali, dalla gestione delle siepi, dalla poca o nessuna lavorazione del suolo (messa a riposo) e dalle coperture delle varie colture. Le più importanti attività di mitigazione del processo di natura agricola possono essere la gestione del suolo agricolo e le pratiche agricole (uso dei nutrienti, lavorazione del terreno e gestione dei residui), il ripristino dei suoli organici e la riabilitazione dei terreni degradati. La potenzialità tecnica di sequestro di carbonio nella UE (27) da parte delle attività agricole è stimata in 1.566 milioni di tonnellate CO<sub>2</sub> eq, corrispondente al 37% di tutta la CO<sub>2</sub> eq emessa in Europa nel 2007 (Aertsens et al., 2013).

Le attività di cambio dell'uso del suolo (*LUC – Land Use Change*) rappresentano tutte le attività di sequestro di carbonio nel settore agricolo, nel settore forestale e nell'uso naturale del suolo. In generale gli stocks di carbonio organico nel suolo (*SOC – Soil Organic Carbon*) per i suoli coltivati sono inferiori agli stock di carbonio organico dei suoli da pascolo o suoli forestali. Tuttavia, le attività LUC possono essere considerate un potenziale

*carbon sink* nella mitigazione degli effetti dei gas GHG, evidenziando però la necessità di contabilizzare gli effetti positivi da esso prodotto (Schulp et al., 2008).

### 1.3.2. *I costi marginali del sequestro di carbonio*

In letteratura numerosi contributi riportano le potenzialità positive del settore forestale nella lotta ai cambiamenti climatici (Ciccarese, 2008; Lumericis e Federici, 2007; Mezzalana, 2007).

In relazione al rapporto che c'è tra i potenziali costi di attuazione dei progetti LULUCF e la quantità di carbonio assorbito, è interessante osservare come l'aumento del tempo di rotazione delle foreste possa influire sugli aspetti economici e finanziari della gestione forestale.

I principali parametri da considerare congiuntamente, sono:

1. la valutazione economico-finanziaria del progetto forestale;
2. il bilancio tra assorbimento di CO<sub>2</sub> e le emissioni.

Confrontando lo scenario di non intervento e lo scenario futuro di gestione forestale, un investimento risulterà conveniente, solo nella condizione in cui i due parametri (descritti nel punto 1 e 2) sono positivi (Alisciani et al., 2011).

Ad esempio, nel sud ovest degli USA (per foreste di tipo “softwood”) è stato dimostrato che l'aumento del tempo di rotazione degli alberi non può essere considerato sempre economicamente e finanziariamente efficiente in termini di sequestro di carbonio nel breve periodo, perché ci sono tipi di alberi che possono raggiungere un livello ottimale di rotazione ma non una adeguata potenzialità di sequestro del carbonio. Su un'analisi condotta in 12 Stati nel sud ovest degli USA, la potenzialità economica nell'estendere il tempo di rotazione è minima, perché la capacità di sequestro del carbonio dipende dal prezzo con cui le unità di carbonio sono vendute. Ad esempio per prezzi inferiori di \$41/t CO<sub>2</sub> non è economicamente conveniente aumentare il tempo di rotazione delle foreste, invece con prezzi superiori a \$41/t CO<sub>2</sub> è possibile

considerare l'aumento del tempo di rotazione come un'opzione conveniente. Prezzi più elevati aumentano i benefici costi-opportunità di possesso del legname rispetto al periodo ottimale di rotazione (Sohngen e Brown, 2008).

Nel sistema europeo (EU-ETS) l'uso dei *carbon sink* è legato al prezzo della negoziazione delle unità di cambio scambiate nel mercato finanziario e ai costi marginali per il sequestro di carbonio. L'EU-ETS è il sistema di scambio delle quote di emissione in attuazione del Protocollo di Kyoto. L'utilizzo dei *carbon sink* nelle politiche di mitigazione dei gas GHG risulta essere conveniente nel ridurre i costi di sequestro del carbonio quando i costi marginali e il tasso di rischio sono bassi. Per costi marginali si intende il confronto tra i costi del settore di mercato (esempio progetti CDM e JI per i settori energetici) e i costi del settore tecnico vero e proprio (LULUCF e REDD per i settori agricoli e forestali), invece per il tasso di rischio si intende il rapporto tra l'impegno nazionale e gli obiettivi dei livelli di emissione EU-ETS. Tuttavia, quando i costi marginali di riduzione e il tasso di rischio sono relativamente bassi i *carbon sink* sono ampiamente usati per raggiungere gli obiettivi nazionali, contribuendo anche ad un effetto di negoziazione a basso costo. Tuttavia, i *carbon sink* non costituiscono sempre una soluzione efficiente a causa degli alti costi necessari per le attività di monitoraggio per la contabilizzazione delle unità di carbonio sequestrato (Gren et al., 2012).

L'estensione del periodo di rotazione delle foreste (gestione forestale) può essere considerata un'opzione per aumentare lo stoccaggio del carbonio (*carbon stock*) e contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico. Interessante è analizzare l'efficienza di un sistema di sussidi e/o tasse sui flussi di carbonio, ovvero una stima economica sui "costi" del sequestro di carbonio (Pajot, 2011). I sussidi e/o tasse per il sequestro di carbonio rappresentano per i proprietari forestali un ottimo meccanismo per allungare il tempo di rotazione delle foreste e quindi aumentare anche la loro capacità di stoccaggio (*carbon stock*). Da uno studio effettuato sui costi e benefici condotto nel sud-ovest della Francia (Pajot, 2011) si evince che la politica di sussidi e/o tasse risulta essere più costosa rispetto ai costi privati di sequestro

del carbonio, perché con l'attuazione di politiche a supporto dei proprietari forestali, si potrebbe allungare il periodo di rotazione oltre quello ottimale. I costi marginali di sequestro del carbonio oltre il periodo ottimale possono variare tra €170.1 e €719.8 per tonnellata di carbonio quando gli stock di carbonio sono calcolati sulla base del tasso di sconto (attualizzazione del progetto), e tra €38.8 e €78.4 per tonnellata di carbonio quando gli stock di carbonio non sono attualizzati (Pajot, 2011).

La differenza tra una politica di totale protezione delle foreste e una politica sostenibile (sequestro del carbonio) è determinata dal prezzo “*costi*” in termini di mancata riduzione della CO<sub>2</sub>, che viene pagato in assenza di una corretta gestione forestale. Inoltre, il prezzo dei “*crediti di carbonio*” può influenzare le scelte politiche di gestione forestale (Fiorense e Guariso, 2013).

Una più ampia distribuzione territoriale delle attività forestali, che vada al di là del solo concetto di conservazione e gestione delle foreste esistenti, come la predisposizione di nuove foreste, pascoli e terreni coltivati, può contribuire positivamente a ridurre la compensazione finanziaria per la perdita di carbonio causata dalla deforestazione (Knoke et al., 2011).

Un modello finanziario sull'ottima diversificazione dell'uso del suolo in relazione ai prezzi, al rendimento e alle emissioni di CO<sub>2</sub>, deve considerare anche i differenti tipi di rendimento finanziario (in termini di costi-opportunità forniti dai differenti tipi di uso del suolo) e la riduzione dei rischi connessi alla diversificazione dell'uso del suolo. I problemi finanziari si possono ridurre purché i prezzi applicati per le differenti attività di uso del suolo siano ottimizzati e il modello di avversione al rischio sia considerato all'interno del modello finanziario (Knoke et al., 2011).

La compensazione nel mercato dei costi del carbonio (*carbon offset*) derivate dalle attività forestali, inclusi i costi di produzione e i costi di transazione, potrebbero costituire un importante ostacolo alla partecipazione dei proprietari privati nel mercato dei crediti di carbonio. Nello specifico i costi di transazione sono stati definiti da Dudek e Wiener (1996). Gli autori considerano come costi di transazione nel mercato regolamentato del

Protocollo di Kyoto (JI e CDM) i costi di ricerca, i costi negoziazione, i costi di approvazione e i costi di monitoraggio. Gli effetti assoluti e relativi della fattibilità di un progetto forestale nella commercializzazione dei crediti di carbonio, sono stati studiati da Galik e Cooley (2012) sulla gamma di parametri finanziari e contabili delle prestazioni di un progetto di offset. Galik et al. (2012) riportano che i costi di transazione sono una percentuale relativamente piccola sull'attuazione globale dei costi, pari a un valore inferiore al 25% della media dei costi di implementazione. In USA i costi di transazione aumentano all'aumentare del tasso di sconto utilizzato per l'attualizzazione del progetto, e diminuiscono all'aumentare delle dimensioni del progetto. Importanti differenze sui costi di sequestro del carbonio emergono dai differenti contesti regionali, che per le differenti tipologie di foreste (Galik et al., 2012).

### *1.3.3. Alcuni modelli matematici applicati alla gestione dei carbon sink*

Anche se il quadro politico futuro, relativo alla contabilità del sequestro del carbonio delle foreste, non è ancora totalmente definito, analizziamo alcuni strumenti e modelli di supporto alle scelte economiche e finanziarie della gestione forestale.

Il rapporto che c'è tra i potenziali costi di attuazione dei progetti LULUCF e la quantità di carbonio assorbito, dipende dall'aumento del tempo di rotazione delle foreste e gli aspetti economici della gestione forestale.

Un modello utilizzato nelle tecniche di gestione forestale e per la valutazione di nuovi progetti, può essere il modello Faustmann. Quest'ultimo è frequentemente utilizzato come modello di investimento per individuare le giuste allocazioni intertemporali delle attività forestali. Il modello Faustmann è ben accettato dagli economisti (Samuelson 1976, 1983), diversamente da coloro che si occupano di studi forestali e ambientali (Deegen et al., 2011).

La difficoltà di questo modello è la mancata integrazione agli aspetti economici delle possibili opzioni di attività di gestione forestale e degli aspetti tecnici relativi alla capacità di *carbon sequestration* e di *carbon stock*. In effetti il modello Faustmann si basa sul concetto “*il prezzo della foresta*”, legato alla ripartizione e distribuzione dei prezzi. Deegen et al. (2011) riportano che questo modello non permette di determinare ad esempio il periodo ottimale di rotazione delle risorse forestali.

L'evoluzione del modello Faustmann è stata introdotta da Chang et al. (2010), sulla base di un modello di Faustmann “generalizzato”. È chiamato “*generalizzato*” perché il modello oltre ad analizzare gli aspetti economici della distribuzione dei prezzi, considera anche la distribuzione del fattore età delle differenti specie arboree. Il nuovo modello di Faustmann, elaborato da Chang et al. (2010) unifica la massimizzazione economica dei valori del suolo (*LEV- Land Expectation Values*) alle differenti classi di età delle specie arboree.

Il modello Faustmann “*generalizzato*” è stato testato nelle zone del centro America, per le specie arboree di pino *loblolly - shortleaf*. L'analisi di sensibilità condotta sul modello Faustmann “*generalizzato*”, evidenzia che il periodo ottimale di rotazione legato anche all'irregolarità delle classi di età delle specie arboree e alla capacità di *carbon stock*, dipende dalla variazione dei valori economici dei suoli. Altre variabili interessanti sono: i prezzi di abbattimento degli alberi selezionati per il raccolto, i prezzi relativi alla tassa di abbattimento (diritto di prelievo del legname), e il tasso di interesse (Chang et al., 2010). Questo modello empirico mostra come i prezzi dei suoli e il tasso di interesse giochino un ruolo fondamentale nella gestione forestale. Il modello Faustmann “*generalizzato*” considera solo gli aspetti economici legati al mercato del suolo e del legno, ma è ben lontano dalla gestione finanziaria dei crediti di carbonio ricavati dall'uso della biomassa.

Nell'Unione Europea l'attuale sistema ETS (*Emission Trading Scheme*) recepisce gli obiettivi del Protocollo di Kyoto. Tutti i Paesi membri ad

eccezione della Nuova Zelanda, escludono le attività LULUCF nel mercato dei crediti di carbonio.

La Nuova Zelanda utilizza i crediti forestali per raggiungere gli obiettivi del Protocollo di Kyoto. Il commercio dei crediti di carbonio ha il potenziale di cambiare l'economia delle piantagioni forestali. Ad esempio in Nuova Zelanda il valore del suolo (*LEV- Land Expectation Values*) è aumentato da \$1.223/ha a \$3.392/ha quando il valore del carbonio non era ancora incluso, conseguentemente all'introduzione del *carbon market* il valore del suolo è aumentato ad un valore di \$6.647/ha per prezzi delle unità di carbonio comprese nel range tra \$15/t e \$30/t di CO<sub>2</sub> (Manley, 2013).

Manley (2013) ha analizzato le unità del mercato del carbonio e i prezzi di gestione delle attività forestali, utilizzando un'estensione del modello Faustmann. Lo studio considera il prezzo delle unità carbonio e il prezzo del legno come unità economiche indipendenti, evidenziando che il periodo ottimale di rotazione dipende, dalle seguenti variabili:

- se i prezzi sono costanti o stocastici ;
- se i prezzi del carbonio aumentano o diminuiscono;
- il tasso di sconto applicato.

Manley (2013) utilizza l'approccio dinamico stocastico (Norstrom , 1975) per ricavare il Valore Attuale Netto (*NVP - Net Present Value*), rispetto al modello Faustmann. L'obiettivo dell'approccio dinamico stocastico è una valutazione che tenga conto sia del prezzo relativo alla raccolta del legno e sia il prezzo relativo alle unità di carbonio. L'approccio dinamico stocastico sembrerebbe essere il primo approccio che lega le attività forestali agli obiettivi del Protocollo di Kyoto .

In accordo con Manley (2013), questo approccio potrebbe essere il primo passo verso una visione integrata delle scelte di gestione ottimale in accordo con gli obiettivi di mitigazione del Protocollo di Kyoto. Questo sistema stocastico richiede particolare attenzione, quando il modello è applicato a situazioni reali, perché i prezzi del legno e delle unità di carbonio sono

soggette a variazioni di prezzo molto frequenti, inoltre l'approccio di valutazione utilizzato è limitato nella rilevanza pratica di valutazione alle sole foreste in Nuova Zelanda (Manley , 2013).

Köthke e Dieter (2010), analizzano i diversi strumenti economici sul sequestro del carbonio e dei suoi effetti sulla gestione forestale. Gli autori evidenziano che su tre diversi schemi di simulazione dei crediti di carbonio si possono avere differenti tipi di gestione forestale. Ad esempio, se la rimozione di legno è contabilizzata come emissioni di carbonio, questo può avere effetti sul periodo ottimale di rotazione. In questo caso l' aumento del periodo di rotazione dovuto all' aumento del prezzo delle unità di carbonio può essere favorito anche dall'aumento dei tassi di interesse applicati sulle singole unità di carbonio (Köthke e Dieter 2010).

In questa analisi si evince che è stata considerata solo la massimizzazione del profitto, ma per completare l'analisi occorrerebbe considerare anche le differenti regole sulla responsabilità per le emissioni di carbonio per la rimozione del legno (*biomassa*) e le regole contabili (*carbon accounting*). I prezzi delle unità di carbonio, dei prodotti forestali, ed i tassi di interesse, sono tutte variabili che possono modificare sensibilmente il valore della gestione forestale. Köthke e Dieter (2010) evidenziano che il modello Faustmann non è completo, perché è un modello applicato principalmente per uno specifico tipo di gestione forestale (proprietario forestale), il cui obiettivo è massimizzare i profitti e gli investimenti di capitale.

Un recente studio italiano condotto da Pilli et al. (2013) sulla base degli ultimi accordi post-Kyoto, evidenzia che i modelli attuali applicati nel settore forestale nei paesi europei presentano difficoltà nel simulare uno o più problematiche. Alcuni esempi sono: la gestione sulla irregolarità dell' età delle differenti specie arboree, gli eventi di disturbo naturali e le stime storiche sulla capacità dinamica delle foreste nel sequestro del carbonio. Pilli et al. (2013) l'elaborano un modello di implementazione che consideri l'impatto della gestione forestale allo stato attuale e futuro, rilevandone il bilancio del carbonio delle foreste sugli effetti dei gas serra (GHG) inventariati nei vari

paesi. Pilli et al. (2013) hanno testato l'uso del modello canadese Carbon Budget (CBM - CFS3) in Italia, sviluppando le stime dei bilanci di carbonio forestale per il periodo 1995-2009. L'applicazione del modello Carbon Budget ha permesso la simulazione dei differenti scenari alternativi di disturbo naturale (incendi) e i tassi di raccolta al 2020.

Il modello canadese Carbon Budget (CBM - CFS3) è stato testato e confrontato con altri modelli, quali: il modello basato sui processi (Belassen et al., 2011), il modello empirico EFISCEN (Nabuurs et al., 2000), il modello CO2Fix (Nabuurs et al., 2001) ed il modello FORMICA (Böttcher et al., 2008). Il punto di forza del modello CBM è la simulazione dinamica delle variazioni dei flussi di carbonio forestale nelle foreste europee considerando la variabile temporale. L'obiettivo di questo modello è quello di conoscere i livelli passati e futuri delle emissioni di gas serra (GHG). Si tratta di un modello composto da parametri che simulano le variazioni di flusso del carbonio da eventi naturali ed eventi di disturbo indotti dall'uomo (Kurz et al., 2008; Metsäranta et al., 2010).

Il modello di ottimizzazione lineare studiato da Hedenus e Azar (2009) sulla connessione tra i vari sistemi (sistema energetico, il settore di rimboschimento forestale, il mercato della pasta di cellulosa e del legno e il periodo ottimale di lunga rotazione) sembrerebbe esaltare l'aspetto *cost-effectiveness* della gestione forestale di breve periodo. L'obiettivo di questo modello è associare il costo del sistema energetico alla gestione del settore forestale, riducendo così l'emissione del carbonio atmosferico. Hedenus e Azar (2009) mostrano che le foreste gestite in lunghi periodi di rotazione, con lo scopo di sequestrare più carbonio possibile, non sono redditizie nel lungo periodo nell'ambito di una politica climatica rigorosa. Nell'ambito di una politica climatica rigorosa introdotta dal protocollo di Kyoto, il lungo periodo ottimale di rotazione sembrerebbe essere un'opzione non conveniente nel limitare gli effetti del cambiamento climatico, perché dipende dalla domanda di mercato del legname come prodotto forestale. Al fine di mitigare gli effetti del cambiamento climatico, brevi periodi di rotazione forestale, potrebbero essere

considerarti forse un'opzione conveniente per i proprietari forestali, perché il prodotto (*biomassa*) può essere venduto sul mercato e utilizzato per fini energetici. Questo modello non rappresenta una soluzione dinamica al più ambizioso obiettivo di mitigazione del cambiamento climatico. Le considerazioni sull'efficienza economica tendono a sostenere piantagioni con brevi periodi di rotazione solo quando il prezzo delle unità di carbonio è elevato (Hedenus e Azar, 2009).

I recenti negoziati internazionali sul clima sono ancora lontani dal risolvere il problema del mercato frammentato del carbonio, dei differenti sistemi di *Emission Trading* e dei differenti programmi di compensazione che operano in parallelo (Lee et al., 2013). Identificare le incongruenze e le opportunità per armonizzare i differenti sistemi di gestione forestale di compensazione (sistema americano e sistema UE), potrebbe rappresentare un aiuto nella mitigazione dei cambiamenti climatici. La coerenza tra i sistemi di contabilità del carbonio potrebbe garantire un'integrità ambientale nelle operazioni di *Emission Trading* (Bowen e Wittneben, 2011).

#### 1.3.4. *I mercati finanziari dei carbon sink*

Per mercato del carbonio (*carbon market*) si intende l'insieme di tutte le transazioni finanziarie che hanno come oggetto l'unità di carbonio, ovvero la tonnellata metrica di CO<sub>2</sub> equivalente, definita nella convenzione UNFCCC (2013d).

La tonnellata metrica di CO<sub>2</sub> equivalente è espressa anche in termini di prodotto finanziario volto ad incentivare economicamente la riduzione di CO<sub>2</sub>. E' interessante evidenziare che:

- accanto agli strumenti delle istituzioni internazionali (Protocollo di Kyoto) esiste anche un mercato ad adesione volontaria di "crediti di emissione" VCM (Voluntary Carbon Market) attraverso il quale enti pubblici e privati, imprese e cittadini possono compensare in parte o

interamente le emissioni derivate dalle loro attività. Nel mercato regolamentato esistono varie forme di credito finanziario finalizzato alla riduzione delle emissioni (es. CER, ERU, RMU), invece nel mercato volontario del carbonio la forma di credito utilizzata è il VER (Verified Emission Reduction). I progetti riconducibili alle attività di *carbon sink* possono essere attuate sia nei mercati regolamentati e sia nei mercati non regolamentati. La realizzazione di interventi di carattere volontario consente ad investitori pubblici e privati una maggior flessibilità e una maggior gamma di interventi non essendo necessariamente soggetti alle limitazioni e regole imposte dal Protocollo di Kyoto.

- Per il mercato regolamentato le attività LULUCF possono essere implementate nei progetti CDM solo limitatamente alle attività A/R (afforestazione/riforestazione) nei Paesi No-Annex I, e possono essere implementate nei progetti JI che aumentano l'assorbimento dei gas GHG in un altro Paese Annex I. Per il mercato volontario le iniziative di riduzione e compensazione delle emissioni si basano su diverse tipologie di intervento e su meccanismi di mercato analoghi a quelli adottati nelle politiche ambientali per l'attuazione del Protocollo di Kyoto.

Il VCM è regolato da due piattaforme principali:

- CCX (Chicago Climate Exchange). E' un sistema di scambio di emissioni con sede a Chicago (USA), in cui le organizzazioni volontarie si iscrivono ad una politica di riduzione giuridicamente vincolante, vedi: [<https://www.theice.com/ccx.jhtml>];
- OTC (*Over-The-Counter*). Include tutto il resto delle operazioni dei VCM. Tutte le operazioni vengono analizzate caso per caso secondo le esigenze del compratore ed eseguite con un corrispondente metodo di contrattazione, vedi: [[http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/web.page.php?section=carbon\\_market&page\\_name=otc\\_market](http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/web.page.php?section=carbon_market&page_name=otc_market)]

Si analizza il VCM, perché ci sono implicazioni politiche tra il sistema ETS (*Emission Trading System*) dell'Unione Europea e il mercato dei crediti di carbonio Nord Americano (Mizrach, 2012).

I titoli finanziari “*crediti di carbonio*” possono essere acquistati, su piattaforma CCX o OTC. Nella piattaforma CCX vi è uno scambio tra privati, nelle piattaforme OTC ci sono compratori e venditori che si impegnano direttamente attraverso un intermediario o vendita al dettaglio on-line. Vale la pena notare che gli acquirenti acquistano i crediti del mercato volontario (VER) per uno dei due seguenti scopi:

- acquisto dei crediti di carbonio che potrebbero essere utilizzati in futuro, se il prezzo del credito è relativamente basso;
- vendita ad un prezzo più alto per le imprese regolamentate nell'ambito di un futuro sistema di *cap-and-trade* obbligatorio

Il prezzo dei crediti di carbonio nei VCM può essere influenzato da uno o da pochi operatori di mercato (Peters-Stanley et al., 2012a). Entrambi i mercati regolamentato e non regolamentato sostengono il commercio dei *carbon offset* per ridurre, sequestrare o evitare le emissioni dei gas ad effetto serra a livello globale (Benessaiah, 2012).

Il problema tra il mercato regolamentato e il mercato volontario del carbonio, sono i progetti CDM, i quali risultano essere particolarmente incentivati per progetti da attuare nei paesi in via di sviluppo, il cui obiettivo dovrebbe essere la riduzione delle emissioni di carbonio. La maggior parte di questi progetti sono realizzati in Cina e in India. I crediti di carbonio ricavati dai progetti realizzati nei paesi in via di sviluppo possono essere introdotti nel mercato EU-ETS. La divergenza tra le unità di carbonio europee (*EUA – European Unit Amount*) e i CER (*Certificate Reduction Emission*) del mercato volontario possono far rilevare delle incertezze politiche che si ripercuotono sui prezzi di mercato del carbonio (Mizrach, 2012).

Confrontando i due tipi di mercato, si può osservare che per i progetti CDM il valore di stabilizzazione del carbonio è diminuito del 50% dal 2009 per un

valore totale di \$1.5 miliardi, per i VCM il volume di carbonio stabilizzato è aumentato. I VCM costituiscono solo lo 0.1% del valore e lo 0.02% del volume del mercato globale del carbonio (Peters-Stanley et al., 2011). In opposizione al declino del mercato regolamentato (CDM), i VCM hanno commercializzato 131.2 Mt CO<sub>2</sub> nel 2010 per un valore di \$424 milioni, pari al 34% rispetto al 2009. Di cui il 45% è costituito da interventi di tipo “*land-use*” e il 29% da iniziative REDD (Peters-Stanley et al., 2011).

Una difficoltà dei progetti CDM applicati nel contesto di alcune attività LULUCF è il rapporto tra l’effettivo costo del processo di riduzione delle emissioni e il costo relativo al raggiungimento dell’obiettivo sostenibile (Boyd et al., 2009).

Benessaiah (2012), evidenzia che la maggior parte degli investitori sono orientati ai mercati di tipo VCM, perchè presentano alcuni vantaggi, ad esempio la riduzione dei costi di transazione, l’innovazione e gli spazi per la sperimentazione di nuove metodologie che possono essere incluse successivamente nel meccanismo di regolamentazione (Bayon et al., 2007; Gillenwater et al., 2007; Hamilton et al., 2010).

La principale differenza tra i progetti CDM (nel mercato regolamentato) e i VCM è che la prima tipologia di progetti presenta alti costi di transazione e tempi lunghi per l’approvazione dei progetti anche di piccola entità, mentre la seconda tipologia ha bassi costi di transazione rendendo così particolarmente attraenti i progetti nel mercato VCM (Bayon et al., 2007).

I progetti CDM sono applicati prevalentemente per lo sviluppo di attività energetiche e l’uso della biomassa e quindi soltanto una quota minore è destinata ad attività di tipo “*land use*”. I CDM sono poco utilizzati nelle attività e/o progetti di tipo “*land use*” perché coinvolgono un gran numero di terreni di piccole dimensioni, quindi risulta difficile monitorare i risultati dei progetti CDM in quanto essi hanno elevati costi di transazione. Invece i VCM tendono a concentrarsi più su progetti di tipo “*land use*”. I VCM sono definiti nei mercati del carbonio come progetti che: “...*presentano delle dimensioni da topo ma hanno un ruggito da leone*” (Hamilton et al., 2010).

Nel 2010 i VCM hanno registrato lo 0.02% del volume complessivo di carbonio commercializzato, con un valore del carbonio pari allo 0.1% (Peters-Stanley et al., 2011), ma in controtendenza hanno determinato la sottoscrizione di circa il 45% dei crediti derivanti da progetti di tipo “*land use*” rispetto al 5% dei crediti derivanti dai progetti CDM (Boyd et al., 2009; Hamilton et al., 2010; Kossoy and Ambrosi, 2010).

Di 1600 progetti CDM registrati UNFCCC, solo 4 di questi sono di tipo A/R (afforestazione/riforestazione). Il problema è legato alle difficoltà finanziarie, amministrative e a questioni di governo. Per poter estendere l’uso dei progetti CDM bisognerebbe considerare l’applicazione di una maggiore flessibilità nei processi, semplificare le metodologie e le procedure di registrazione dei progetti e ridefinire il ruolo della UNFCCC nei meccanismi CDM (Thomas et al., 2010).

In generale, nel 2011 i progetti forestali hanno riportato il più alto valore mai attribuito nel mercato globale per le compensazioni forestali, pari ad un totale di \$237 milioni. Mentre i valori del mercato sono aumentati del 33% il volume delle transazioni è diminuito del 22% dal 2010. Nel 2011 i progetti CDM (per le attività di A/R) hanno mostrato un aumento del loro valore di mercato a causa del volume elevato di crediti negoziati prima della fine del primo periodo di adempimento del Protocollo di Kyoto (2008-2012), diversamente i volumi dei progetti CDM negoziati sono diminuiti per lo spostamento di molte attività di carbon offset nei VCM (Peters-Stanley et al., 2012b). I VCM hanno contribuito al declino dei volumi di mercato negoziati per un valore pari al 36% in meno rispetto al 2010; questo può essere attribuito al problema della pressione globale del prezzo del carbonio e all’uso di nuove metodologie applicate rispetto al mercato regolamentato (Peters-Stanley et al., 2012b).

Nel 2011 in Italia i crediti forestali istituiti dal mercato VCM o da organizzazioni italiane all’estero hanno registrato una forte crescita. Le organizzazioni partecipanti sono passate da 3 a 17 rispettivamente dal 2009 al 2011. Nel settore VCM sono stati realizzati 20 progetti forestali in Bolivia, Brasile, Cambogia, Camerun, Etiopia, Georgia, Honduras, Italia, Panama,

Repubblica Democratica del Congo, Tanzania, Senegal e Uganda (Storti et al., 2012).

### 1.3.5. Il caso di studio delle monocolture di eucalipto in sud America

Nel seguente paragrafo si analizza il problema dell'uso delle monocolture di eucalipto nel sud America, come esempio di biomassa forestale utilizzata dalle pulp mills per la produzione di pasta di cellulosa e per la produzione di biocombustibile. Si analizzano le monocolture di eucalipto, perché in Brasile esistono molti progetti di investimento nelle attività di riforestazione. Alcune informazioni sono disponibili al link: [http://www.gwm-tv.com/what\\_we\\_do.html](http://www.gwm-tv.com/what_we_do.html); e <http://www.biglandsbrazil.com/eucalyptus/>.

Harper et al. (2012) analizzano la capacità di stoccaggio (*carbon stock*) degli eucalipti. Questo studio condotto in Australia (occidentale) dimostra che dopo 26 anni dalla riforestazione con quattro specie di piante di eucalipto (*Eucalyptus cladocalyx var nana*; *E. occidentalis*; *E. sargentii* e *E. wandoo*) la capacità di assorbimento era pari alla capacità di un suolo agricolo.

La capacità di sequestro (*carbon sequestration*) degli eucalipti dipende dalla siccità (fattore di stress idrico) e dai danni creati dagli insetti che possono danneggiare la superficie fogliare (Eyles et al., 2013). Uno dei fattori principali che spiega il motivo di molti investimenti di eucalipto nel sud America, è la presenza di zone umide e ricche di acqua, e i brevi cicli di rotazione (6-8) anni (de Moraes Gonçalves et al., 2013). Pita et al. (2011) evidenziano che nel periodo compreso fra il 2002 e il 2010 in Espirra (Portogallo meridionale), uno dei principali fattori che ha inciso sulla capacità di assorbimento di carbonio (CO<sub>2</sub>) è stata la siccità; come peraltro confermato anche da Dean et al. (2012).

Generalmente il cambiamento dell'uso del suolo (*land use*) e il cambiamento delle coperture del suolo (*land cover change*), giocano un ruolo molto

importante sugli effetti del cambiamento climatico, causando problemi sanitari diretti (*es. mortalità per calore*) e lo sviluppo di malattie infettive in qualsiasi regione del mondo (Patz et al., 2005).

Dal rapporto IPCC “*Fourth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*” del 2008, le attività LULUCF sono responsabili globalmente di circa il 15% delle emissioni di gas ad effetto serra causato dal processo di deforestazione. La percentuale di emissione causata dal processo di deforestazione è superiore a quella delle emissioni provenienti dall'intero settore dei trasporti in tutto il mondo, ponendo così il settore LULUCF al secondo posto dopo il settore per la produzione di energia. La capacità di stoccaggio del carbonio fornito dai *carbon sink* è in diminuzione a causa dell'aumento della domanda di biomassa, dall'invecchiamento delle foreste in alcuni paesi e da una tendenza all'intensificazione dell'uso delle foreste. Le capacità di *carbon stock* e *carbon sink* dipendono dagli incentivi concessi nell'ambito delle varie politiche (European Commission, 2012b).

La UNFCCC stima che nel 2005 gli ecosistemi forestali hanno immagazzinato 638 G ton di carbonio, suddivisa in 238 G ton per la vegetazione forestale (*biomassa*), 38 G ton per il legno morto e 317 G ton per la lettiera (*alta 30 cm*) disponibile sul suolo. Circa la metà del carbonio totale negli ecosistemi forestali si trova nella biomassa forestale e del legno morto (UNFCCC, 2013e).

L'uso della biomassa derivante dalle foreste ha rappresentato il 90-95% delle materie prime utilizzate per ottenere la polpa di cellulosa per più di un secolo, contribuendo così ad una massiccia deforestazione e di reimpianti che hanno alterato l'equilibrio ecologico e contribuito al cambiamento climatico (Rodríguez et al., 2008). La stima degli impatti ambientali, sociali ed economici dovuti allo sviluppo della biomassa potrebbe contribuire a limitare il trend di produzione a livelli tecnicamente possibili e accettabili (Rhodes e Keith, 2008). Ad esempio i biocarburanti, da un lato dimostrano la fattibilità economica per l'installazione di nuovi impianti di bioenergia su larga scala, mentre dall'altro lato forniscono esempi di conseguenze ambientali e sociali

per la produzione di biomassa, creando conflitti tra paesi industrializzati e paesi in via di sviluppo (Rhodes e Keith, 2008). In particolar modo nell' UE l'uso dei biocarburanti di prima generazione (prodotti dalle materie prime agricole) possono incidere sull'aumento dei prezzi dei prodotti agricoli. L'uso dei biocarburanti può favorire le speculazioni finanziarie incidendo sulle possibilità dei paesi poveri di accedere al cibo (Vieri, 2012).

Esistono vari tipologie di biomassa, ad esempio l'eucalipto e il pioppo sono impiegati per scopi energetici, la biomassa da residui industriali per la lavorazione della cellulosa (*black liquor*), la biomassa delle coltivazioni agricole per scopi energetici (*mais, bietola, sorgo*), e la biomassa dei residui della lavorazione agricola e dei prodotti agro-alimentari.

Recenti ricerche sull'efficienza energetica condotte sulle pulp mills, evidenziano un andamento crescente nella produzione e consumo di energia. Le pulp mills e paper mills (*integrate*) possono operare senza l'ausilio dei combustibili fossili, producendo un surplus netto di energia elettrica da biomasse combustibili (Vakkilainen, et al., 2008). Durante il processo tecnico di cottura del legno si ricavano due sottoprodotti: la polpa di cellulosa (*fibra vergine*) e il black liquor per la produzione di energia (Santos e Almada-Lobo, 2012). La diversificazione energetica e il proficuo sfruttamento delle risorse forestali, incidono sull'uso dei residui forestali, svolgendo un ruolo importante nell'utilizzo delle fonti locali di energia (Barreiro e Tomè, 2012). La fornitura di biomassa è un business in crescita e l'eucalipto ne rappresenta la fonte a basso costo. L'uso delle piantagioni industriali ITPs (*Industrial Tree Plantations*) sono la causa di conflitti tra le imprese e le popolazioni locali, per lo più in zone tropicali e subtropicali. La causa dei conflitti è legata al controllo societario del suolo, causando differenti usi a favore della monocoltura (Gerber, 2011).

In Brasile l'uso della monocoltura dell' eucalipto, indicato come coltura ITPs, rappresenta un problema in termini di sostenibilità ambientale, perché sostenuto dalla logica finanziaria del capitalismo industriale. L'espansione della monocoltura sembra essere influenzata dall'industria della pasta di

cellulosa e dall'appoggio politico del governo, creando così un'alleanza Stato-industrie. L'alleanza sta influenzando i mercati fondiari, i prezzi dei fondi agricoli, e sta cambiando le destinazioni d'uso di molti suoli (Kröger, 2012).

La vendita dei suoli brasiliani è considerata un'attività finanziaria costituita da un mix di azioni, quali ad esempio gli stessi meccanismi finanziari e purtroppo anche l'uso della violenza (Kröger, 2012). Le attività finanziarie si traducono in un accumulo di capitale attraverso l'espropriazione diretta o indiretta delle comunità tradizionali. L'industria dell'eucalipto sta esercitando un potere crescente sui mercati, governi nazionali e Stati, perché la Costituzione brasiliana non offre un'efficace tutela del diritto di proprietà (Puppim de Oliveira, 2008; Kröger, 2012).

La *Stora Enso* e la *Veracel* sono due grandi impianti di pasta di cellulosa "mega-plants", ed hanno molta influenza sui mercati internazionali per la vendita dei loro prodotti. Il problema dell'espansione delle "pulp mills" in Brasile è legato alla flessibilità della legislazione ambientale. Lo strumento nazionale per lo sviluppo economico e di tutela ambientale è lo EEZ (*Ecological-Economic Zoning*). L'obiettivo dello strumento è organizzare il territorio sulla base dei piani e progetti pubblici-privati, rispettando la tutela delle norme ambientali. Lo EEZ ha risposto agli impulsi della globalizzazione economica, dovuti all'installazione delle "pulp mills", e solo in parte alla tutela dell'ambiente (Miola, 2010).

Diversamente nella Unione Europea esistono rigorose normative ambientali sulla produzione di pasta di cellulosa e della carta, un esempio è la Direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) discussa in Ciasullo e Conti (2013). La Direttiva IPPC ora inclusa nella Direttiva IED (*Industrial Emission Directive*) è una delle direttive fondamentali per la tutela dell'ambiente negli Stati membri della Unione Europea (UE). Scopo della direttiva è ridurre i livelli di inquinamento prodotti dalle attività industriali ed agricole, in modo che siano socialmente accettabili ed economicamente sostenibili. Una difficoltà nell'attuazione della normativa in ogni singolo Stato membro è la mancanza di uno standard di riferimento certo per l'

applicazione delle BATs (*Best Available Technologies*) a livello europeo (Ciasullo e Conti, 2013).

A differenza del contesto Europeo, in Brasile c'è una deistituzionalizzazione della giustizia mediante l'attuazione di un modello di negoziabilità della normativa ambientale. Nei primi anni del 1990 l'industria della cellulosa e della carta è stata dominata dal processo di globalizzazione delle corporazioni Europee e del nord America, facendo diventare l'America Latina e l'Asia le principali destinazioni dei nuovi investimenti delle multinazionali (Miola, 2010).

Un primo fattore che ha permesso gli investimenti in America Latina e in Asia, sono l'alto costo del legno nei paesi Europei e del nord America, e viceversa le buone condizioni climatiche, l'abbondanza d'acqua e le risorse energetiche per la piantagione di pino e di eucalipto presenti nel sud America (Lang, 1996). Altro fattore che ha permesso gli investimenti in America Latina e nell'Asia è il basso costo della manodopera e la disponibilità dei governi locali a ricevere nuovi fondi di investimento (Lohmann, 1994).

Dal 1996 fino al 2003 la capacità produttiva delle "pulp mills" nel nord America si è attestata ad un valore pari all' 6% rispetto ad una produzione in crescita del 27.2% in America Latina e del 76.4% in Asia. In America Latina il Brasile rappresenta il principale paese per le attività industriali per la lavorazione della cellulosa e della carta. Si stima che il raccolto del legno dalle piantagioni sia aumentato da 66 milioni di m<sup>3</sup> del 1990 a 151 milioni m<sup>3</sup> del 2005. A livello globale il Brasile è classificato al 7° posto in termini di area sottoposta a piantagioni, composta dal 62% da eucalipto, 32% alberi di pino e il 6% da alberi di altra specie (Miola, 2010).

L'esperienza brasiliana dimostra che nonostante le ripetute colture a breve rotazione, vi è un alto rendimento dalle piantagioni di eucalipto. Il tasso di incremento è stato costante per oltre 40 anni. La produttività è aumentata ricercando migliori genotipi resistenti ai diversi ecosistemi brasiliani, ai livelli di stress ambientale e alla gestione della selvicoltura (de Moraes Gonçalves et al., 2013).

La Banca Europea per gli Investimenti (BEI – *Bank European Investment*) ha contribuito alla crescita dell'industria europea sia entro i confini europei che all'estero. Nel 2003 sono stati rilasciati circa \$80 milioni di dollari per finanziare la costruzione di una “*pulp mills*” in Bahia (Brasile). Società responsabile dell'investimento era la Vercal, una joint venture tra un'industria brasiliana e la finlandese Stora Enso Oyj (Miola, 2010).

Altro esempio è rappresentato dalla “*pulp mills*” Suzano Papel e Celulose, la più grande fabbrica brasiliana di carta nello Maranhão (Amazonia orientale). Le dinamiche sullo sviluppo economico e politico degli investimenti forestali, dipendono dalla capacità delle agenzie locali di evitare i conflitti locali, influenzando le dinamiche politiche ed ambientali dei privati cittadini. La responsabilità sociale delle imprese si riduce sempre più in rapporti interpersonali tra i dirigenti con responsabilità strategiche e il personale locale (Kröger, 2013).

L'importanza del marketing e l'egemonia dello sviluppo nel mercato delle materie prime di pasta e di carta è ben rappresentato in sud America, un esempio è la zona della Pampa. Quest'ultima è una vasta area destinata a pascolo compresa tra il sud del Brasile, l'Uruguay e la metà settentrionale dell'Argentina, oggi giorno è definita il “*deserto verde*”. La definizione di “*deserto verde*” deriva dalle piantagioni di eucalipto nella Pampa, utilizzati come materia prima per le industrie di pasta e di carta “*pulp mills*”. L'eucalipto è un albero che assorbe molta acqua dal terreno, rendendo quest'ultimo sempre più arido. Le industrie cartarie, quali la Aracruz e Votorantim (amministrate da società brasiliane) e la Stora Enso, Botnia-UPM (amministrate da società Europee), stanno investendo pesantemente in tutta la regione traendo vantaggi nello sviluppo del settore della cellulosa. Tutte le società industriali della pasta di cellulosa e di carta hanno utilizzato il marketing e le propagande commerciali con due obiettivi:

- convincere gli agricoltori locali a convertire l'uso del suolo da agricolo e pascolo a piantagioni di eucalipto;

- conquistare l'opinione pubblica con l'immagine del progresso economico e sociale.

Un problema delle logiche di mercato e sociali delle “*pulp mills*” è l'assenza o la poca attenzione ai problemi di valutazione degli impatti che le attività industriali possono causare sulla sostenibilità ambientale. Molti movimenti o azioni anti-egemoni del potere industriale sono sorti per difendere l'ambiente, citiamo solo alcuni: “Via Campesina” (in Brasile) e “l'Asamblea Ambiental di Gualeguaychù” (in Argentina).

Il movimento di Gualeguaychù è sorto contro il potere egemone di una delle fabbriche più grandi al mondo per la produzione di cellulosa Botnia-UPM (multinazionale finlandese) sul Rio Uruguay, che geograficamente confina tra l'Uruguay e l'Argentina. La popolazione civile del movimento popolare di Gualeguaychù, sul lato argentino del fiume, si è impegnata in una lotta sociale contro lo sviluppo della “*pulp mills*”, per contrastare le problematiche ambientali, economiche, sociali e culturali. Il problema della società civile è la sofferenza diretta o indiretta delle pratiche egemoni del marketing e la poca disponibilità nell'uso della comunicazione tramite i mass-media.

Se il degrado ambientale causato dalle “*pulp mills*” è tangibile (Matta, 2009), diversamente si ha una chiara visione dei problemi creati dalle vaste piantagioni di eucalipto, perché la riforestazione è vista come uno strumento di mitigazione per la lotta al cambiamento climatico, e non come uno strumento naturale che può provocare danni ambientali. I problemi connessi alle piantagioni di eucalipto, sono:

- l'uso di centinaia di tonnellate giornaliere per la produzione di pasta di cellulosa;
- il consumo dei nutrienti del suolo;
- il grande fabbisogno d'acqua;
- l'uso di pesticidi e fertilizzanti (Böhm e Brei, 2008).

La logica dettata dalla UNFCCC sull'uso delle piantagioni per immagazzinare il carbonio atmosferico, ha stimolato il finanziamento economico dei progetti CDM (*Clean Development Mechanism*). Il progetti CDM consentono alle industrie di compensare le loro emissioni finanziando progetti di sequestro di carbonio nei paesi in via di sviluppo non soggetti a un tetto di emissione (Gerber, 2011). I settori industriali (*es. pulp mills*) manipolano ingenti guadagni economici, mostrando poco interesse agli impatti ambientali e sociali causati dalle attività industriali. I settori industriali sono a favore dell'espansione dei mercati in ambito internazionale (*carbon trading*), e l'uso delle compensazioni commerciali (*carbon offset*) (Spash, 2010). I permessi di carbonio sono stati sviluppati come strumento finanziario generando miliardi di dollari. L'obiettivo di mitigare il cambiamento climatico tramite gli strumenti finanziari e del mercato è lontano dalla teoria del risparmio delle risorse naturali e dall'efficiente riduzione delle emissioni (Spash, 2010).

La promozione delle monoculture come serbatoio di carbonio (*carbon sink*) e la produzione di biocombustibile tramite le "*pulp mills*" non rappresentano una scelta ambientalmente e socialmente sostenibile.

#### 1.4. Dati statistici sulle emissioni dei gas GHG

Sulla base dell'evoluzione dei meccanismi flessibili (descritti nel capitolo 1, paragrafo 1.2), i dati sulle emissioni dei gas serra registrati dal 1990 al 2009 evidenziano che i paesi industrializzati come gli Stati Uniti e il Canada presentano ancora alti livelli di emissioni rispetto ai valori registrati nell'Unione Europea.

L'Unione Europea (formata dai 27 Stati membri) ha ridotto le emissioni del 20.25%; l'Unione Europea (formata dai 15 Stati membri) ha ridotto le emissioni del 15.0 %, mentre Stati Uniti e Canada hanno aumentato le loro emissioni rispettivamente del 5.60% e del 29.78% (UNFCCC, 2011a).

I dati globali sulle emissioni di gas serra mostrano che in relazione agli obiettivi del Protocollo di Kyoto, le emissioni sono diminuite del 11.5% escludendo le attività LULUCF. Sommando ai meccanismi flessibili (CDM; IET; JI) le attività LULUCF le emissioni sono diminuite del 17,6% (UNFCCC, 2011a). Le attività LULUCF contribuiscono all'assorbimento di CO<sub>2</sub> per il 6.1% sul totale delle emissioni.

Per i paesi che non hanno ratificato il Protocollo di Kyoto (Cina, Stati Uniti, India, ecc.) le emissioni sono aumentate del 2.1 % senza considerare le attività LULUCF, invece considerando le attività LULUCF le emissioni sono aumentate del 0.6% (UNFCCC, 2011b). Questi dati evidenziano come a livello internazionale le attività LULUCF contribuiscano per un 28% all'assorbimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Dai dati riportati si può dedurre che gli effetti delle attività LULUCF nella riduzione delle emissioni sono stati limitati ma importanti. I dati riguardanti le emissioni di CO<sub>2</sub> dal consumo di energia nel 2008, mostrano un livello mondiale di emissione pari a 30.400 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> (4.39 tonnellate /pro-capite di CO<sub>2</sub>) .

La Cina è il principale emettitore di CO<sub>2</sub> in tutto il mondo, con 6.8 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> emessa (4.92 tonnellate/pro-capite di CO<sub>2</sub>), seguita dagli Stati Uniti con 5.8 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> emessa (18.38 tonnellate/pro-capite di CO<sub>2</sub>) e in Europa (dei 27 Stati membri) con 4.6 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> emessa.

La Russia e l'India saranno i prossimi paesi ad essere inseriti nella lista dei paesi con un elevato trend di emissione, con 1.670 e 1.460 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> rispettivamente emesse. Il trend globale delle emissioni è causato dalla crescita continua, con una indicizzazione maggiore per paesi come: Cina, Russia, India e Sud Africa, identificati paesi BRICS (IEA,2010a; IEA, 2010b). La Cina risultata essere il paese con le maggiori emissioni di CO<sub>2</sub> per il periodo 2005-2009 (Garnaut, 2011) ed è responsabile per i due terzi dell' aumento mondiale delle emissioni di CO<sub>2</sub> di origine antropica (Chen e Zhang, 2010; Yan and Yang, 2010).

L'agenzia internazionale dell'energia (*IEA- International Energy Agency*) ([Custers, 2011](#)), evidenzia che le emissioni globali di CO<sub>2</sub> annue nel periodo 2009-2010 sono aumentate in modo esponenziale.

### 1.5. I problemi emergenti del Protocollo di Kyoto

Considerando le politiche ambientali proposte nel Protocollo di Kyoto, potremmo oggi fare alcune considerazioni.

In primo luogo, il Protocollo di Kyoto è il primo serio tentativo di politica ambientale sviluppato nel risolvere il problema del cambiamento climatico, tenendo conto delle emissioni antropogeniche dei gas serra (GHG) dei vari Paesi sviluppati e industrializzati. In secondo luogo, i paesi si sono impegnati in una quasi equa riduzione proporzionale alle proprie emissioni. In terzo luogo, l'inclusione dei Paesi sviluppati nelle varie attività proposte (*Flexible Mechanisms*), quali: l'accesso al credito, la ricerca e i progetti economici (*es. LULUCF*) presentano alcune limitazioni.

Diversamente, per ciò che riguarda la differenziazione tecnica delle attività di sequestro del carbonio, sono da riconoscere gli impegni assunti dalla Convenzione UNFCCC e il Protocollo di Kyoto per l'attuazione delle raccomandazioni del gruppo di esperti IPCC.

Il riconoscimento di alcune misure e norme erroneamente utilizzate dai Paesi sviluppati, (definite dalla UNFCCC "...*inappropriate and of unwarranted economic and social cost to other countries, in particular developing countries*" - Convenzione , pagina 1, ultimo comma), permette di fare alcune considerazioni positive, perché delineano l'esigenza di nuovi interventi normativi.

Sarebbe molto incoraggiante per i Paesi in via di sviluppo, se oltre alle legislazioni nazionali, come ad esempio l'IPPC recepita nell'Unione Europea, siano incorporate come misure e norme per mitigare l'effetto "*Global*

*Warming*” anche le linee guida Ambientali della Banca Mondiale e il Codice di procedura di Giustizia della Corte Internazionale.

Infine, la creazione dei "*Flexible Mechanisms*" e il mercato del carbonio "*Carbon Market*" possono essere considerate delle valide iniziative, al di là dei modi in cui i diversi attori attuano i progetti di mitigazione.

Tuttavia, il Protocollo di Kyoto presenta anche aspetti discutibili. Il primo problema potrebbe essere la tendenza a promuovere azioni di riduzione dei cambiamenti climatici, con progetti (es. attività LULUCF) che divergono dal concetto di sviluppo economico sostenibile. Questo è dichiarato ed è implicito sia nel Protocollo di Kyoto e sia nella convenzione UNFCCC. Il risultato di questo comportamento potrebbe causare la scarsa riduzione delle emissioni nell'impegno della negoziazione approvato dai Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto. Se l'obiettivo è quello di raggiungere un consenso, il minimo standard richiesto, sembrerebbe non essere ancora stato raggiunto. Il rifiuto degli USA nell'approvare il Protocollo di Kyoto ne è una prova sufficiente. Inoltre, il Canada ha rinunciato alla ratifica del Protocollo di Kyoto, ed il Giappone e la Russia hanno confermato di non rinnovare i loro impegni negli obiettivi di mitigazione dei gas GHG ([Climatico Analysis, 2011](#)).

Il secondo problema può essere racchiuso nel concetto scientifico di "*sviluppo economico sostenibile*", seguito dall' insaziabile consumo di risorse ed energia, che attualmente dominano la scena mondiale. Non vi è al momento alcuna tecnologia in grado di soddisfare i "*bisogni*" di questo modello economico e affrontare il problema delle "*emissioni*". Non ci saranno soluzioni credibili per il prossimo futuro. Grandi leader politici ed economisti devono assumersi la responsabilità di questa realtà, è indispensabile iniziare a pensare ad un' economia diversa, più rispettosa degli esseri umani e della natura. Un' economia basata sulla premessa che l'energia è una risorsa scarsa, sia oggi che nel prossimo futuro, e lo sarà per tutto il secolo. La Conferenza Rio+20 avrebbe dovuto dare risposte a questi problemi, ma almeno attualmente la situazione non sembra essere una delle migliori, perché gli

obiettivi previsti nel Protocollo di Kyoto non sono stati ancora raggiunti (UNCSD, 2012).

La riduzione media delle emissioni dei gas GHG prevista, è stata “*esigua*” sia rispetto alla grandezza del problema dei cambiamenti climatici, e sia in relazione all’urgenza con cui bisogna risolvere il problema. I rischi e i potenziali danni che sono stati stimati nel 1990 sono diventati oggi realtà, e rappresentano una minaccia imprevedibile per il prossimo futuro.

A pochi mesi prima della fine del primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto (Dicembre 2012), si può quasi certamente affermare che molto poco è stato fatto in termini di riduzione significativa dei gas serra GHG previsti a livello globale. Le emissioni di CO<sub>2</sub> hanno raggiunto livelli record nel 2010. E’ difficile ipotizzare un cambiamento radicale sulla tendenza a breve termine del trend di riduzione delle emissioni, considerando l’attuale crescita economica mondiale. Diversamente, nel contesto europeo è possibile evidenziare i primi risultati positivi per il target di riduzione dei gas GHG proposto nel Protocollo di Kyoto.

Una terza fonte di preoccupazione potrebbe essere lo scetticismo con cui si raggiungeranno gli obiettivi, poiché tutti i Paesi in via di sviluppo sono inseriti in un unico allegato del Protocollo di Kyoto, in cui nessun Paese ha un impegno a ridurre o limitare l’emissione dei gas GHG. Nello stesso allegato sono inclusi i “*giganti economici*” in forte espansione, in particolare Cina e India, ad oggi i maggiori emettitori di CO<sub>2</sub> dovuto al consumo di energia. Le emissioni si attestano a circa il 22% delle emissioni globali. Forse la più grande e principale conseguenza degli elevati livelli di GHG è dovuto proprio al rifiuto degli USA nel ratificare il Protocollo di Kyoto, perché è evidente l’assenza di impegni nel limitare e ridurre le emissioni per i Paesi in via di sviluppo (US Embassy, 2001; US Embassy, 2005; Fletcher and Parker, 2007).

Gli USA rappresentano la più grande economia mondiale e risultano essere secondi dopo la Cina per le emissioni di CO<sub>2</sub>; senza orma di dubbio la non ratifica del Protocollo è stata indotta dalla possibile perdita di competitività industriale nei confronti della Cina. Nel 2006 la produzione in Cina di beni

destinati all'esportazione è stata responsabile di consistenti percentuali di emissioni inquinanti; il 36% del biossido di zolfo, il 27% degli ossidi di azoto, il 22% del monossido di carbonio e il 17% nerofumo. Per ciascuno di questi inquinanti, circa il 21% delle emissioni cinesi è legato agli scambi commerciali verso gli Stati Uniti (Lin et al., 2013).

Gli obiettivi di riduzione annunciati dagli USA, Cina e India (China, 2004; China, 2005; US Embassy, 2005; India, 2010) sembrano non essere adeguati, perché gli impegni sono da ritenersi né giuridicamente vincolanti, né applicabili dalla Comunità Internazionale. Diversamente gli obiettivi potrebbero essere messi in discussione per futuri cicli negoziali.

Un quarto aspetto critico del Protocollo di Kyoto è legato al consenso generale sulla biomassa come “*carburante rinnovabile alternativo*” ai combustibili fossili. L'opportunità di utilizzare la biomassa come fonte combustibile è esplicitato nel testo originale del Protocollo di Kyoto, ed è riconosciuto anche tra l'opinione pubblica.

L'opinione positiva sull'uso della biomassa poteva essere comprensibile e discutibile nei primi anni del 1990, diversamente da oggi, poiché esistono i risultati delle prove scientifiche raggiunte negli ultimi 20 anni. Uno dei problemi maggiori nell'uso della biomassa è la combustione del *black liquor* (BL) generato nella produzione della polpa Kraft, con o senza le procedure di sbiancamento. Il processo Kraft noto anche come processo al solfato, è un processo per estrarre chimicamente la cellulosa dal legno (polpa di cellulosa). Nelle varie fasi di produzione lo sbiancamento è la procedura a maggior impatto ambientale. La lignina ricavata dalla cellulosa di legno viene sfibrata chimicamente (con soda caustica e solfuro di sodio), lasciando intatte le fibre di cellulosa, ottenendo così una pasta di colore marrone che richiede molti sbiancanti. Il processo ha degli svantaggi ambientali (lo zolfo genera odore di uova marce, e ci sono molti rifiuti liquidi) e di resa (solo il 50% del legno viene trasformato in pasta); e diversamente molti scarti possono essere bruciati anche in termini di recupero energetico. Analizziamo il black liquor perché in molte “*pulp mills*” è utilizzato anche come fonte di autosufficienza

energetica oltre che alla produzione di pasta di cellulosa. L'industria dei prodotti forestali è diventata uno dei principali volani per la produzione di energia da biomassa.

#### 1.6. La combustione del legno e della biomassa legnosa

La combustione del legno o della biomassa legnosa può essere definita “*non carbon neutral*”. Il massiccio utilizzo della biomassa causa lo sfruttamento delle foreste perché sono utilizzati cicli brevi di rotazione degli impianti forestali, causando frequenti tagli degli alberi (foreste) e perdita di suolo (Shanin et al., 2011). Il risultato che ne deriva è un rilascio maggiore della CO<sub>2</sub> rispetto a quella catturata dagli alberi durante la fase di accrescimento degli stessi, in aggiunta ad altri gas GHG, soprattutto degli N<sub>2</sub>O (Protossido di Azoto). Lo stesso vale per le colture (agricole) raccolte ciclicamente. Un inevitabile effetto collaterale dovuto alla perdita di sostanza organica è il deterioramento del suolo, compresi i cambiamenti strutturali e la perdita di microrganismi.

Inoltre, anche il processo di combustione in caldaie a biomassa ad alta efficienza emette in atmosfera una grande quantità di gas no-GHG e molti composti tossici (Chandrasekaran et al, 2011), quali: CO (Monossido di carbonio), COVs (Composti Organici Volatili), IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), NO<sub>x</sub> (Ossidi di Azoto), SO<sub>2</sub> (Biossido di Zolfo), PM (Materiale Particolato), PCDD (Dibenzo-p-diossine), PCDF (Policlorodibenzofurani), ed altri.

L'emissione in atmosfera dei differenti congeneri di PCDD/F e le relative concentrazioni, dipendono dal contenuto di cloro e IPA contenuto nel combustibile, quindi per rimuovere il materiale particolato è importante considerare gli standard minimi del processo di combustione (Beauchemin and Tampier, 2008; Chandrasekaran et al., 2011).

Nei materiali legnosi gli IPA emessi sono direttamente correlati al contenuto di lignina. Negli ultimi anni gli aerosol<sup>5</sup> emessi dalla combustione di biomassa (particelle minori di un 1 micron) sono indicati come possibili elementi di rischio per la salute umana, sviluppando forme di tossicità potenziale, mutagenicità e cancerogenicità (Inuma et al., 2010).

I gruppi di aerosol e il BL (*black liquor*) possono influenzare l'ambiente atmosferico a livello locale, regionale e globale, causando effetti negativi sul sistema respiratorio-polmonare (Löndahl et al., 2009) malattie cardiovascolari (AHA, 2010) ed effetti rilevanti sul clima, sui cambiamenti climatici e il riscaldamento globale (Shrestha et al., 2010, Booth et al., 2012).

Nonostante lo sviluppo scientifico, alcune agenzie delle Nazioni Unite, come ad esempio la FAO (*Food and Agriculture Organization*), promuovono tutt'oggi la biomassa come un possibile sostituto dei combustibili fossili per la produzione di energia elettrica. Diversamente nel report “*Proposed Final Regulation*” pubblicato nello Stato del Massachusetts (USA), si evidenzia l'importanza nel valutare attentamente l'utilizzo della biomassa come fonte energetica ... “*two years of evaluation, public input, and careful considerations of how best to utilise our woody biomass resources for energy*” (DOER, 2012).

#### 1.6.1. *La combustione del Black Liquor nel processo Kraft*

La combustione del *black liquor* è da ritenersi una delle peggiori e più impattanti procedure di trasformazione industriale, di solito giustificata come una tappa inevitabile nella produzione di pasta dal processo “*Kraft*”. Inoltre il *black liquor* è utilizzato per produrre energia elettrica.

La parte principale del *black liquor* utilizzata nel processo di combustione nella caldaia a recupero è costituito dalla “*biomassa*”, un residuo acquoso del legno che conserva tutti i suoi componenti, tranne il 75-80% della cellulosa

---

<sup>5</sup> Aerosol: è un tipo di colloide in cui un liquido o un solido sono dispersi in un gas.

originale. La seconda frazione del *black liquor* sono i composti inorganici e organici (*additivi*) incorporati nel processo (*digestore*) come sostanze chimiche di spappolamento, per lo più composti di sodio e zolfo.

Il resto dei composti inorganici solubili, sono:  $\text{SO}_4\text{Na}_2$  (incorporati al *black liquor* come composti di S e Na), cloro (Cl), potassio (K) e altri composti.

Il *black liquor* utilizzato nel caldaie a recupero è circa il 1.8-2.2% , in termini di rapporto tra il rifiuto di biomassa organica e il materiale inorganico. (Cardoso et al., 2009).

Il cloro e il potassio entrano nel ciclo del *black liquor* con il legno e i composti dei prodotti chimici. Sia il Cl che il K possono raggiungere alte concentrazioni nel *black liquor*, creando problemi di corrosione, aumento del particolato (nella caldaia e nelle ceneri volatili) e altri problemi nel circuito di recupero chimico. Per questi motivi, la maggior parte delle *pulp mills*, utilizza attrezzature specifiche per la rimozione del Cl e del K (Tran e Earl, 2004).

Per una visione di insieme, è opportuno ricordare che le moderne *pulp mills* bruciano insieme al *black liquor*, una frazione significativa del trattamento secondario degli effluenti *biosludge*<sup>6</sup>. Questa frazione contiene importanti proporzioni di nutrienti (principalmente azoto), metalli pesanti, composti clorurati da effluenti di sbiancamento e resti degli additivi utilizzati nei processi, es: EDTA, nonilfenolo e i suoi etossilati e metaboliti.

La descrizione di cui sopra ci permette di capire il motivo per cui le emissioni derivanti dalla combustione del *black liquor* nella caldaia di recupero dei mulini Kraft (tipo Tomlinson) sono molto più pericolosi e inquinanti rispetto a quelle derivanti dalla combustione di legna e biomassa legnosa. Dal confronto effettuato sulla base del peso secco bruciato, sono state dimostrate le emissioni di: composti di zolfo, prevalentemente  $\text{SO}_2$  e  $\text{SH}_2$  (NCASI, 2005; Jawjit et al, 2006), solfuro di carbonio ( $\text{CS}_2$ ), i più tossici  $\text{SH}_2$  (Borrás et al, 2012), emissioni di  $\text{NO}_x$  (Salmenoja, 2009), COV, IPA, PM, e  $\text{PM}_{2.5}$  (Adams et al., 1997).

---

<sup>6</sup> Biosludge: residuo semisolido delle acque reflue industriali.

Le differenze sono sicuramente sostanziali nel caso di PCDD/ F, considerando la percentuale più elevata di Cl, lignina e IPA presenti durante la combustione. Queste differenze non sono chiaramente riflesse dai ben noti fattori di emissione (Uloth e van Heek, 2002), ma tali elementi non forniscono un quadro reale, perché sono stati misurati su dispositivi e con capacità differenti, in strutture molto dissimili.

Nel 2010 il consumo totale mondiale del mercato delle paste chimiche, è stato solo circa il 40% del totale della produzione di pasta Kraft, per un equivalente di circa 49 milioni di tonnellate in aria-secca (CANFOR, 2011). Ciò implica che nel corso del 2010 sono stati bruciati in tutto il mondo, nelle caldaie a recupero Kraft, circa 83 milioni tonnellate di *black liquor* in sostanza secca, di cui 54 milioni sono “*biomasse da rifiuti organici*”. I numeri non sono necessari per avere un' idea dell' enorme quantità di emissioni tossiche che queste cifre implicano, nonché l'impatto locale e globale generato.

Sembrerebbe che ci sia la possibilità di nuove tecnologie (*BATs*) per eliminare dal mercato la caldaia Tomlinson. La gassificazione potrebbe rientrare nell'elenco di nuove tecnologie appetibili, ma non si hanno ancora sufficienti studi di fattibilità.

### 1.6.2. Alcune aspetti del processo Kraft nelle pulp mills

Quando si analizza il processo di combustione del *black liquor*, adottato dalla maggior parte delle *pulp mills* per la produzione di pasta di cellulosa, è impossibile eludere dall'analisi il processo Kraft e le relative fonti di inquinamento ambientale. In primo luogo la pasta di legno ricavata dalle foreste, deriva da tagli di breve rotazione (4-6 anni). La pasta di cellulosa è ricavata da foreste che richiedono molti nutrienti, pesticidi e altre forniture chimiche necessarie per la crescita dei giovani alberi, fino a due anni di età. Il processo di lavorazione della pasta di legno (macero, sbiancamento e

recupero chimico) genera un grande volume di emissioni rischiose per la qualità atmosferica e gli effluenti.

Quanto sopra descritto è riconosciuto per alcuni tipi di progetti di bioraffineria, promossi negli Stati Uniti che nell' Unione Europea, come soluzione energetica sostenibile per il futuro. Queste nuove industrie producono etanolo, bio-diesel e altri combustibili da materiale cellulosico, ma energeticamente dipendo interamente dalla produzione di pasta chimica e combustione di *black liquor* (Ragauskas et al, 2006; SEA, 2008).

Si può evidenziare che la fornitura di materiale cellulosico e gli inquinanti emessi da quest'ultimo, non sono contemplati nel Protocollo di Kyoto.

Quest'ultimo dovrebbe promuovere chiaramente la distinzioni tra i diversi usi della biomassa combustibile. Tuttavia, il Protocollo di Kyoto dovrebbe distinguere tra la semplice combustione del legno o di rifiuti del legno, dal combustibile inquinante che è immesso in atmosfera da una caldaia a recupero Kraft. C'è un enorme differenza di impatto ambientale in ogni caso. Il Protocollo di Kyoto dovrebbe migliorare la regolamentazione normativa ed evitare ove possibile l'uso del *black liquor* nel processo produttivo, così che da limitare l'uso di supporti economici e politici al riguardo. Il vero problema non è solo il Protocollo di Kyoto, ma è ben più ampio, perché dovrebbero essere coinvolti tutti Stati membri che aderisco ai programmi di riduzione e mitigazione delle emissioni inquinamenti.

Queste lacune di regolamentazione stanno purtroppo promuovendo dei cambiamenti nella gestione del settore forestale, evidenziando pratiche totalmente negative per l'ambiente. Inoltre gli obiettivi specifici della Convenzione UNFCCC e del Protocollo di Kyoto, sembrerebbero essere compromessi.

Drammatici esempi di queste contraddizioni normative sono le *pulp mills* installate in Sudamerica, per lo più sono mega impianti “*Bleached Kraft Pulp Mills*” appartenenti a società europee. Sono industrie con grandi capacità produttive e alti livelli di inquinamento, che allo stato attuale non potrebbero operare nel vecchio continente (Böhm e Brei, 2008). Un impianto unico sul

Rio Uruguay produce 1.200.000 tonnellate di pasta chimica da alberi di eucalipto, e gestisce circa 160.000 ettari di foreste e consuma 300.000 tonnellate di forniture chimiche l' anno. Più di 1.100.000 tonnellate di biomassa e almeno 240.000 tonnellate di sostanze chimiche vengono bruciate insieme ogni anno in caldaie e forni (AMEC, 2007; EcoMetrix, 2007). Producendo poco meno di un milione di tonnellate nel 2008, l'impianto (Rio Uruguay) ha dichiarato un valore di emissioni totali annue nell' atmosfera di circa 3.000 tonnellate, così distribuite : NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, Quantità totale di zolfo ridotto [*Total Reduced Sulphur (TRS)*], e particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) (EcoMetrix 2009; Matta, 2009). Considerando il consumo di olio combustibile, si stimano circa 156.000 tonnellate di CO<sub>2</sub> generata annualmente dai combustibili fossili ausiliari (EcoMetrix, 2007).

Non ci sono dati concernenti la CO<sub>2</sub> generata dalla combustione di biomassa e prodotti chimici inorganici, né di diossine e furani diffusi in atmosfera. In Brasile ci sono altre due *pulp mills* con il medesimo funzionamento, forse anche con livelli maggiori di produzione (Aracruz, 2011; RISI, 2011; Veracel, 2011). Ci sono altri grandi progetti in attesa di autorizzazione governativa, stimando una produzione di circa 500.000 tonnellate/anno, gli impianti dovrebbero essere: Alto Paraná (Argentina), Celulosa Araucoy Constitución (Valdivia, Cile) e Aracruz Celulosa (Guaiba, Brasile) (Böhm e Brei, 2008).

La maggior parte di queste impianti e progetti sono generati da investimenti europei diretti o joint venture con società locali, che confermano la forte tendenza nel trasferire geo-politicamente le emissioni in paesi in via di sviluppo (Lang, 2008).

Solo pochi attori economici sono consapevoli della contraddizione che c'è tra la gestione di ingenti quantità di suolo (es. monoculture) per la produzione di “*carburante rinnovabile*” e i gas emessi in atmosfera. Ciò implica che l' assegnazione dei crediti derivanti dalle attività sopra citate, per la produzione di energia “*pulita*” da biomassa, saranno scambiati nelle piattaforme del mercato europeo “*Mercato del carbonio*” (Lang, 2008; UNFCCC 2011c).

Possiamo dedurre che alcune attività industriali non sono ancora completamente sensibili alle problematiche ambientali. L'attuale obiettivo dei grandi gruppi industriali, sembrerebbe essere quello di continuare ad emettere senza un limite alle emissioni dei gas GHG e no-GHG, e senza un limite alla produzione, ottenendo così prestiti bancari per l'espansione di nuovi progetti di gestione forestale a soli scopi di profitto industriale.

Si riportano alcune citazioni, che alludono a buoni esempi di gestione ambientale:

*“Wood energy from renewable and sustainable biomass sources causes no emissions, and when substituting fossil fuels, it can ‘save’ emissions” (Haupt, 2011).*

*“What makes forest industry special is its ability to neutralise manufacturing level greenhouse gas emissions with carbon sequestration (in sustainable management of forests), in product carbon storage (product sinks) and in the generation of bio-energy (fossil fuel replacement)” (FAO, 2011).*

*“FAO and the International Council of Forest and Paper Associations (ICFPA) commissioned this study at the request of the 49th session of the Advisory Committee on Pulp and Wood Products (ACPWP), held in Backubung, South Africa in June 2008. It outlines the global roundwood production, pulp and paper, and wood processing industry's contribution to climate change mitigation and aims to raise the industry's profile in international negotiations on global warming. Over the years, climate change has become a priority issue for the global environment”. Recently, the focus of the global climate change agenda has started to shift from carbon sequestration to low carbon emission products and technologies, in which forest industries should play a crucial role. Stable demand for forest products is one of the*

*most important factors in avoiding forest land-use change and maintaining stable forest cover to withstand global warming.*

*FAO does not necessarily share or support all of the statements in this report. However, we think it is an important attempt to present the climate profile of modern forest management and industries impartially, based on solid facts and figures” (FAO, 2010).*

Il trasferimento delle industrie inquinanti nel sud dei paesi dell' emisfero americano o asiatico non riduce la concentrazione di gas GHG e non contribuisce a mitigare i cambiamenti climatici sulla Terra. Si suppone che il trasferimento delle attività industriali potrebbe generare solo profitti effimeri per i paesi sviluppati e danni locali irreversibili sulle falde e corsi d' acqua, perdita della qualità atmosferica e perdita di suolo nei paesi in via di sviluppo.

## 2 - La Direttiva IPPC-IED

### 2.1. L'evoluzione del quadro normativo

Questo capitolo analizza la *policy* ambientale adottata dalla direttiva IPPC-IED, (*Integrated Pollution Prevention Control – Industrial Emission Directive*), e gli strumenti di attuazione BATs (*Best Available Technologies*). Quest'ultime sono indicate in fase di autorizzazione IPPC per garantire un'economia a basso impatto ambientale, sia in termini di inquinamento e sia in termini di consumo delle risorse.

Dalla letteratura disponibile emerge che, in alcuni casi di studio condotti in Spagna, le emissioni delle industrie autorizzate IPPC e registrate E-PRTR (*European Pollutant Release and Transfer Register*), possono contribuire ad un possibile aumento del fattore di rischio di neoplasie maligne, per gli abitanti esposti e residenti nelle vicinanze delle installazioni industriali.

Inoltre, dai dati estrapolati dalla documentazione ufficiale dell'Unione Europea, si evince una bassa percentuale nell'applicazione dei principi delle BATs, se confrontati con il numero dei rilasci delle autorizzazioni IPPC. Il rilascio dell'autorizzazione IPPC, richiede obbligatoriamente la descrizione delle BATs da applicare nell'installazione industriale, quest'ultimo rappresenta un prerequisito fondamentale.

Alcuni problemi riconosciuti nell'implementare le BATs, sono ad esempio i criteri di selezione degli ELVs (*Emission Limit Values*) e l'interpretazione dei BREF Reports (documenti di riferimento delle BAT). I BREF Reports sono adottati dalla direttiva IPPC-IED e contengono le informazioni su ogni specifico settore industriale ed agricolo, le tecniche, i processi utilizzati per ogni settore, gli ELVs, e le tecniche da considerare nella determinazione delle BATs.

Anche se esistono problemi tecnici nell'applicare la direttiva IPPC-IED, tale strumento sembrerebbe essere stato di ausilio nella decrescita dei livelli di

emissioni analizzati dall' *Agenzia Ambientale Europea* (EEA – *European Environment Agency*). Particolare attenzione sul trend di decrescita dei livelli di emissione deve essere anche attribuito alle politiche di efficienza energetica e dalla crisi economica nel periodo 2008-2013, originatasi negli Stati Uniti con la crisi dei mutui “*subprime*”, trasformandosi in una crisi finanziaria di portata mondiale.

Tra i principali fattori della crisi figurano gli alti prezzi delle materie prime (es. il petrolio), una crisi alimentare mondiale, un'elevata inflazione globale, la minaccia di una recessione in tutto il mondo e una crisi creditizia con il conseguente crollo di fiducia dei mercati borsistici.

### *2.1. I principi della Direttiva IPPC*

La direttiva IPPC ([European Union, 2011a](#)) è una delle direttive fondamentali per la tutela dell'ambiente negli Stati membri dell'Unione Europea (UE). Scopo della direttiva, è ridurre i livelli di inquinamento prodotti dalle attività industriali ed agricole, in modo che siano socialmente accettabili ed economicamente sostenibili.

La direttiva IPPC stabilisce i principi fondamentali per il rilascio dell'autorizzazione e l'applicazione delle BATs; quest'ultime sono le tecniche più efficaci selezionate sulla base dei costi e dei benefici prodotti. Il 24 novembre 2010 la direttiva IPPC è stata recepita all'interno della direttiva IED, ed è entrata in vigore il 6 gennaio 2011. La direttiva IED doveva essere recepita negli ordinamenti nazionali degli Stati membri entro il 7 gennaio 2013 ([European Commission, 2012c](#)).

La direttiva IED, non deroga la direttiva IPPC, perché lo scopo di tutelare l'ambiente, persiste anche nelle modifiche introdotte dalla direttiva IED, limitando le emissioni in atmosfera.

Rispetto alla precedente direttiva IPPC, la direttiva IED ha introdotto importanti modifiche sull'applicazione delle BATs in rapporto agli ELVs.

La direttiva IED ha introdotto nei BREF Reports, un nuovo documento chiamato “*conclusioni sulle BAT*” per ogni singola attività industriale.

Il documento “*conclusioni sulle BAT*”, contiene le informazioni per valutare l’applicabilità delle BATs e i livelli di emissione associati alle migliori tecniche disponibili, chiamate BAT-AELs (*Best Available Technologies-Associated Emission Levels*). Le BAT-AELs sono così definite:

“*intervalli di livelli di emissione ottenuti in condizioni di esercizio normali utilizzando una migliore tecnica disponibile o una combinazione di migliori tecniche disponibili, come indicato nelle conclusioni sulle BAT, espressi come media in un determinato arco di tempo e nell’ambito di condizioni di riferimento specifiche*” ([European Union, 2010b](#)).

Le BAT-AELs definite nel documento “*conclusioni sulle BAT*”, rappresentano gli ELVs di riferimento per le singole autorità nazionali competenti (guide non vincolanti). Le autorità nazionali possono fissare limiti di emissione diversi dai livelli di emissione associati alle migliori tecniche disponibili, purché le reali emissioni nazionali non superino le BAT-AELs definite nel documento “*conclusioni sulle BAT*”. Polders et al. (2012) definiscono la relazione di cui sopra con l’espressione:  $ELVs \leq BAT-AELs$ .

La Commissione Europea definisce il documento “*conclusioni sulle BAT*”, uno strumento utile per limitare le disparità delle emissioni industriali nell’Unione Europea ([European Union, 2010b](#)).

Tuttavia, sulla pagina web dove sono contenuti i BREF Reports (<http://eippcb.jrc.es/reference/>), sono disponibili i documenti “*conclusioni sulle BAT*” solo per i seguenti settori industriali: “*Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries; Iron and Steel Production; Manufacture of Glass; Tanning of Hides and Skins*”.

L’utilizzo delle BATs dovrebbe garantire un’economia a basso impatto ambientale, sia in termini di inquinamento e sia in termini di consumo delle risorse, garantendo i principi dello Sviluppo Sostenibile. Parlare di tecnologie

idonee a sviluppare un'economia a basso impatto ambientale, significa parlare anche di *green economy*.

La Commissione Europea (Comunicazione n°363 del 20 giugno 2011), illustra la *green economy* come: *“a green economy necessitates preserving and investing the assets of key natural resource .... In a green economy many challenges can be transformed into economic opportunities..... It also means making use of low-carbon and resource efficient solution and stepping up efforts to promote sustainable consumption and production patterns.....For instance, experience shows that market-based approaches such as emissions trading are not only cost effective tools to address environmental problems but are also a source for investment.”* ([European Commission, 2011a](#)).

L'obiettivo della *green economy* è lo sviluppo di un nuovo modello socio-economico, non solo basato sull'economia verde, come ad esempio sull'uso delle energie rinnovabili e alternative, ma anche su un sistema socio economico in grado di sviluppare un'economia sostenibile ([ENEA, 2012b](#)).

La necessità dell'uso delle BATs emerge dalla comunicazione della Commissione Europea, evidenziando che : ... *“The industrial emissions in the European Union remain too high and are having negative effects on human health and the environment. Clearer rules are strict and necessary to ensure that the industrial basis of the necessary high environmental standards in across the EU. The European Union must ensure that companies meet their obligations and use the best available techniques”* ... ([European Commission, 2007](#)).

A fronte degli obiettivi specifici della Commissione Europea, si analizza l'uso delle BATs rilasciate in fase di autorizzazione ai sensi dei principi della direttiva IPPC-IED. Tuttavia, si analizza l'efficienza in termini di riduzione delle effettive emissioni in atmosfera ed il loro eventuale collegamento con la crisi economica che ha avuto inizio nel 2008.

## 2.2. La politica ambientale e le tecnologie BATs

La politica ambientale della direttiva IPPC-IED mira a prevenire l'inquinamento e la salvaguardia dell'ambiente con l'uso delle BATs, che dipendono dallo sviluppo industriale e dagli investimenti economici.

Alcuni economisti sostengono che la conformità delle aziende alla normativa ambientale, può causare spese economiche di adeguamento ai requisiti imposti dalla normativa, influenzando sui costi che potrebbero ripercuotersi negativamente sulla competitività aziendale. Altri economisti ritengono invece che il rispetto della regolamentazione ambientale può incentivare e stimolare le innovazioni tecnologiche.

La direttiva IPPC-IED può quindi influenzare la percezione dei vari attori industriali, riconoscendo le BATs come possibili opportunità competitive, che contribuiscono ad aumentare le performance finanziarie (López-Gamero et al., 2009, 2010).

Nella green economy le BATs sono definite come tecnologie ambientali "*Clean Tech*", ovvero possibili strumenti operativi non più percepiti come vincoli onerosi al processo produttivo, ma come uno stimolo all'innovazione e alla competitività, riducendo e prevenendo gli impatti ambientali. Le BATs se viste nella logica di strumenti "*Clean Tech*", possono diventare il volano per migliorare l'offerta dei prodotti e quindi del consumo. Le BATs contribuiscono nel monitorare e gestire gli effetti indesiderati della produzione e del consumo (ENEA, 2012c).

Le BATs non sviluppano una politica "*cut-off*" per limitare le emissioni, diversamente sviluppano moderne tecnologie per rendere gli impianti più efficienti. D'altra parte l'uso delle BATs non sempre significa necessariamente l'applicazione delle "*Best of the Best*". Ci sono casi in cui il livello più basso di emissioni richiesto alle attività industriali può andare "*al di là delle BAT*", questo potrebbe essere causato da vincoli tecnici o da scelte di redditività economica (Schoenberger, 2009).

In passato la mitigazione degli impatti ambientali causati dalle attività industriali è stata quasi sempre demandata a soluzioni “*end-of-pipe*”, ovvero il controllo degli impatti alla fine del processo produttivo. Attualmente l’obiettivo delle tecnologie è di utilizzare sistemi basati sul principio di precauzione, ovvero studiati per prevenire le cause dell’ inquinamento. Tuttavia, i miglioramenti ambientali compiuti dai progressi industriali, non sono sempre stati in linea con la crescita dei volumi di produzione e di consumo. Sistemi di produzione sostenibili per l’industria manifatturiera possono essere ottenuti con l’applicazione delle BATs (ENEA, 2012d).

Al fine di integrare e rafforzare alcuni aspetti della direttiva IPPC, il Parlamento Europeo implementa anche altri importanti documenti normativi, quali :

- La “*responsabilità ambientale*” introdotta con la Direttiva (ELD - *Environmental Liability Directive - 2004/35/CE*), e il principio “*chi inquina paga*” (European Union, 2004). La direttiva attribuisce a coloro che hanno provocato il danno ambientale, la responsabilità di mettere in atto le necessarie azioni di prevenzione, riparazione e l’onore dei costi economici. Per “*riparazione*” si intende, riportare lo stato dell’ ambiente alle condizioni in cui si sarebbe trovato se il danno non si fosse prodotto. La direttiva fornisce un quadro per la valutazione del danno e la conseguente riparazione.

- 2 - La tutela dell’ambiente contro la “*criminalità ambientale*”, introdotta dalla direttiva (2008/99/CE), ossia “*Tutela dell’ambiente attraverso il diritto penale*” - [*Protection of the environment through criminal law*] (European Union, 2008a). La direttiva ha l’obiettivo di imporre agli Stati membri di sanzionare penalmente alcuni comportamenti che costituiscono gravi reati contro l’ambiente.

Nel 2010 il Parlamento europeo ha approvato la direttiva *Emission Industrial Directive* (IED) ([European Commission, 2012c](#); [European Union, 2010b](#)), al fine di adottare ulteriori misure per ridurre le emissioni per i processi di produzione industriale. Sono passati ormai sedici anni dall'emanazione della Direttiva IPPC, durante tale periodo il Parlamento Europeo e gli Stati membri non hanno fornito ancora un sufficiente supporto per il loro impegno nel migliorare l'attuale situazione ambientale. E' tempo di chiedersi se la direttiva IPPC-IED ha effettivamente raggiunto i suoi obiettivi.

Le domande a cui si desidera dare risposta sono le seguenti:

- Qual è la situazione attuale delle emissioni industriali nell' Unione Europa?
- Il livello delle emissioni dei gas inquinanti è diminuito dopo l'applicazione della direttiva IPPC e la successiva implementazione della direttiva IED?

Poiché non sono state apportate delle modifiche sostanziali, si rende necessaria un' azione di analisi per le singole fasi logiche di attuazione.

- La direttiva IPPC ha introdotto modifiche necessarie? Ha superato uno o più fasi della sua attuazione?

Le fasi logiche di attuazione del direttiva iniziano con l'approvazione dei BREFs e delle BATs, e la successiva applicazione degli stessi nei vari Stati membri dell' UE. Il risultato relativo all'applicazione delle direttiva IPPC può essere riscontrato dal numero di certificati IPPC "*permessi*" rilasciati per le varie attività industriali in tutta l' Unione Europa.

In teoria, maggiore è il numero dei permessi rilasciati (in relazione agli obblighi della Direttiva IPPC) e minore dovrebbe essere il trend delle emissioni inquinanti.

### 2.3. Lo stato attuale delle emissioni industriali in Europa

Per conoscere lo stato attuale delle emissioni europee nell' ambito della direttiva IPPC, è necessario disporre di informazioni affidabili sulla maggior parte delle sostanze inquinanti indicate nell' allegato III della direttiva IPPC e le loro evoluzioni.

È necessario anche avere una panoramica della produzione industriale nel periodo analizzato, dato che normalmente la crescita della produzione è sempre accompagnata da un aumento delle emissioni e così viceversa.

Tuttavia, le informazioni sui trend storici delle emissioni non sono disponibili, rendendo così necessaria l' analisi inferenziale sul set dei vari dati disponibili. Il primo set dei dati è costituito dal registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti E-PRTR (*European Pollutant Release and Transfer Register*), nel quale sono riportate quasi tutte le sostanze inquinanti rilasciate dalle attività industriali autorizzate IPPC, ma solo per il periodo compreso dal 2007 al 2011.

Il registro è stato creato con il regolamento (CE) n° 166/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio Europeo, del 18 gennaio 2006 e contiene i dati di circa 28.000 impianti industriali relativi a 65 attività economiche in Europa ([European Parliament, 2006](#); [European Union, 2011a](#), [2011b](#)). Il registro E-PRTR può definirsi un importante strumento, relativamente nuovo e forse non ancora completamente sviluppato.

Da un punto di vista statistico e ambientale, il registro ha due punti di critici:

- il registro E-PRTR presenta due livelli soglia (uno per la capacità degli impianti, e un livello soglia per ogni contaminante);
- l'opzione di riservatezza delle industrie (*facilities*) ([European Commission, 2006](#)).

Le imprese sono tenute a dichiarare i livelli di emissioni nel registro E-PRTR, solo se i limiti soglia sono superati ([APAT, 2008](#)). Le emissioni industriali che sono al di fuori delle soglie, dovrebbero essere ugualmente incluse nel registro di sistema per finalità statistiche. Ad esempio potrebbero essere incluse (in

modo anonimo) sotto la voce "Others" o "Outside Threshold". Il numero di queste industrie rappresenta una percentuale significativa sul totale, e molto probabilmente è lo stesso in termini di contributo alle emissioni totali.

Il secondo set di dati è generato dall' Agenzia Europea per l'Ambiente (*EEA – European Environmental Agency*) e dalla Convenzione sull' inquinamento atmosferico transfrontaliero (*CLRTAP – Convention on Tranboundary Air pollution*), entrambi disponibile nelle pagine web del data base "*Eurostat*", Direzioni generale della Commissione Europea.

Questo set di dati ci permette di seguire l'evoluzione delle emissioni degli ossidi di zolfo ( $\text{SO}_x/\text{SO}_2$ ), degli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x/\text{NO}_2$ ) e i composti organici volatili non-metanici (COVNM) dei paesi membri dell' UE (27 Stati membri), per il periodo 1990-2010.

Dall' database "*Air Pollution*" ([Eurostat, 2013a](#)), è stata costruita e sviluppata la figura (1), sommando i valori di emissione per i seguenti settori industriali: "*Produzione e distribuzione di energia*" e "*Energia usata nell' industria*"; gli unici settori industriali disponibili in questo database. Nella medesima figura sono stati sommati anche i valori delle emissioni degli  $\text{NO}_x/\text{NO}_2$  e degli  $\text{SO}_x/\text{SO}_2$  disponibili nel registro E-PRTR dal 2007 al 2011 ([E-PRTR, 2013](#)).

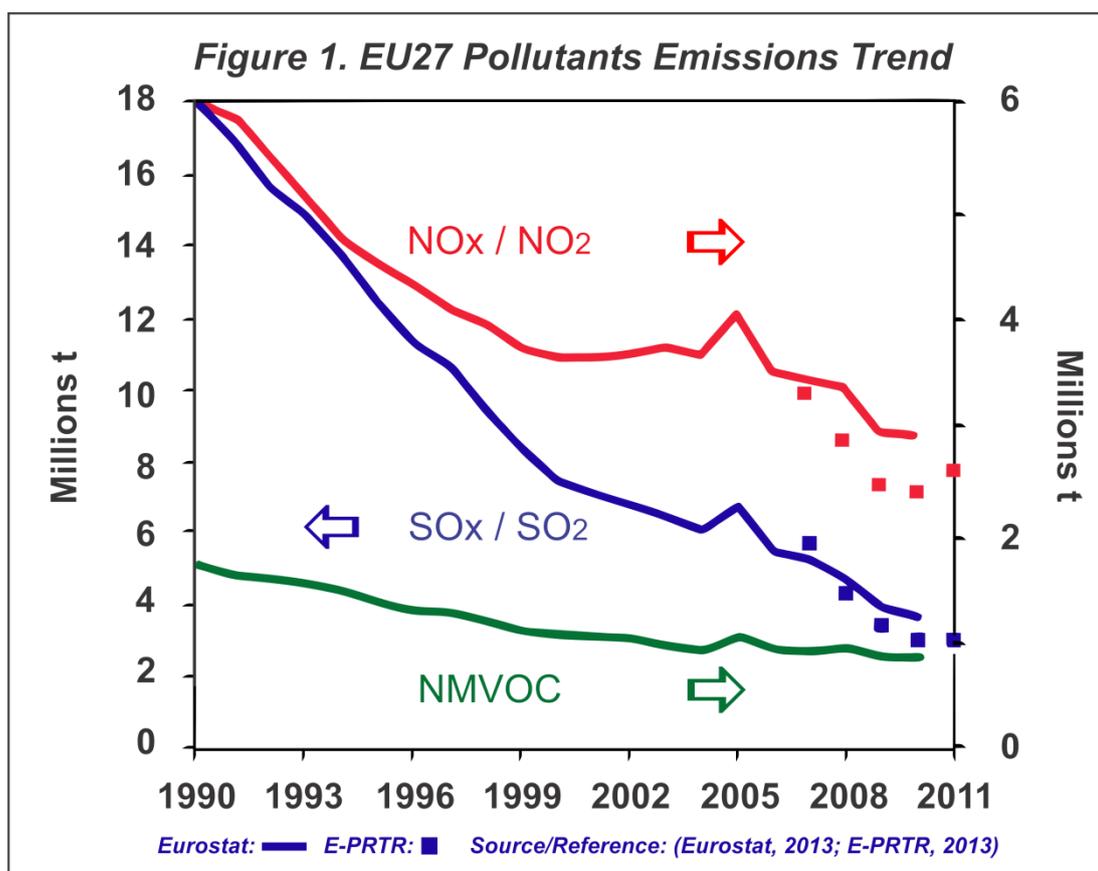
L'analisi mostra un andamento positivo (decrescita) del valore delle emissioni degli  $\text{SO}_x/\text{SO}_2$  per entrambe le serie di dati, in quanto i settori per la produzione di energia elettrica, sono i maggiori responsabili delle emissioni di anidride solforosa. La mancanza del biossido di azoto e i COVNM (non evidenziati) nel trend storico può trovare una spiegazione logica, in quanto i dati dei settori che generano questi inquinanti sono più numerosi nel registro E-PRTR a differenza dei dati disponibili nel database *Eurostat*.

Tuttavia, la tendenza dei tre inquinanti non è molto differente, in entrambe i due insiemi di dati, si può osservare che i fattori che governano l'evoluzione degli inquinanti, rappresentano le variabili principali e non le tendenze settoriali.

Dalle informazioni che emergono dalla figura (1) possiamo fare le seguenti considerazioni: Le emissioni decrescono quasi ininterrottamente per il periodo

1990-2011. Dal trend dei dati è possibile suddividere in tre fasi l'intera serie storica.

- La prima fase, dal 1990 al 2000, vi è una prevalente tendenza alla decrescita delle emissioni dei tre inquinanti di riferimento, molto pronunciata per le emissioni degli SO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub>. La decrescita è dovuta in parte ad una significativa sostituzione dal 1990 del carbone e la lignite al gas naturale (EEA, 2007), in aggiunta si può considerare anche la riduzione dello zolfo nel gasolio industriale.
- Nella seconda fase, dal 2000 al 2007, la tendenza alla decrescita è moderata rispetto al periodo 1990-2000. Il più alto livello di emissioni è stato raggiunto nel 2005.
- La terza fase compresa tra il 2008 e il 2011, le emissioni continuano a diminuire, ma il rallentamento genera una tendenza costante.



Non è un caso che le fasi delineate per le emissioni industriali coincidano con il ciclo economico. Dal 1990 al 2000 la produzione industriale negli Stati europei (27 Stati membri) ha registrato un livello relativamente basso (12 % in scala relativa), questa tendenza è stata registrata anche prima della recessione del 1992-1993. I livelli di produzione hanno presentato un lieve incremento solo alla fine del 1994, con una crescita considerevolmente dopo il 1996. Alla fine del 2000 la produzione industriale ha raggiunto il suo livello più alto dal 1990 (53%) prima di essere fortemente colpita dalla "recessione del millennio" 2000-2001. Dopo la recessione la produzione industriale ha evidenziato una crescita sostenuta fino alla fine del 2007, registrando un livello di produzione di circa l' 85%. Si stima che la produzione avvenuta nel 2007, sia stata la più alta registrata nel periodo 1990-2011. La nota "*crisi finanziaria* " del 2008-2009 ha riportato i livelli di produzione ai livelli del 1998 (ossia al 35%). Dopo il 2008-2009 i livelli di produzione hanno registrato un andamento crescente registrando un aumento del 64 % entro la fine del 2011.

La crisi finanziaria tra il 2008 e il 2009 è da considerarsi la crisi più grave del periodo analizzato, in quanto ha colpito la produzione di molti settori economici "*chiave*", tra cui il consumo di energia. Il valore aggiunto industriale ha registrato un valore del 20 % tra il 1995 e il 2007, ma nel 2009 il valore aggiunto era solo del 10-11%.

Tuttavia, a causa della crisi economica negli Stati Europei (22 Stati membri) si è registrato un tasso di investimento per il 2007 e il 2009 rispettivamente del 0.37 e 0.32 per il settore della produzione e fornitura di energia elettrica, gas e acqua; 0.18 e 0.16 per il settore della chimica industriale; 0.17 e 0.14 nel settore manifatturiero; 0.16 e 0.12 nel settore della cellulosa, carta e settore editoriale.

Il gruppo dei paesi più industrializzati, Germania, Francia, Regno Unito, Spagna e Italia non potevano sfuggire dalla crisi finanziaria, inoltre gli ultimi due paesi membri sono stati i paesi più colpiti ([European Commission, 2011b](#)). Il trend in decrescita dei consumi energetici industriali, registrati nel 2004, sono praticamente crollati nel 2008, con un recupero parziale nel 2011

(Eurostat, 2012).

Le stesse tendenze descritte nella figura (1) si possono trovare nel rapporto dell' EEA (2013d), disponibili alle nomenclature “*Industrial Processes*” e “*Energy use in Industry*” per i seguenti inquinanti: CO, PM<sub>10</sub>, Diossine e Furani, IPA (per il periodo 1990 – 2010) e PM<sub>2.5</sub> (per periodo 2000-2010).

Il trend delle emissioni in figura (1) può essere spiegato come segue:

Il periodo 1990-2000 è caratterizzato da almeno tre fattori chiave che possono aver contribuito al rapido declino delle emissioni:

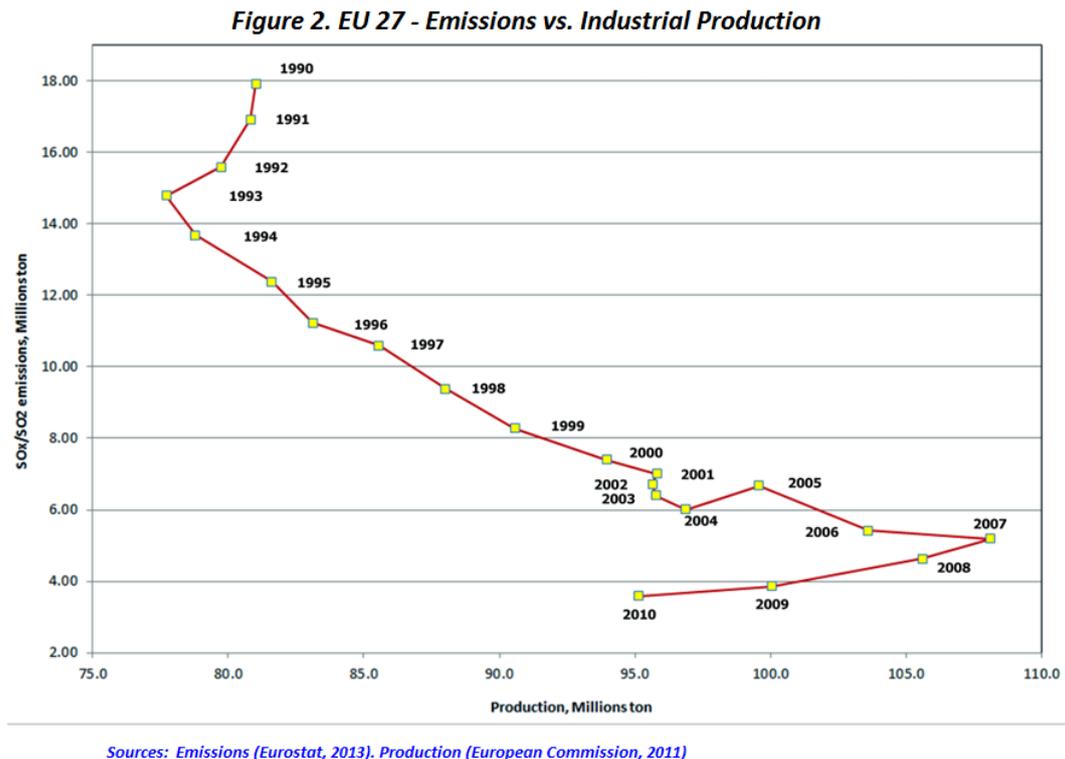
- a) livello di produzione industriale molto basso;
- b) attuazione da parte degli Stati membri delle proprie politiche ambientali nazionali;
- c) forte impatto degli sviluppi scientifici e tecnologici applicati al settore industriale.

Alcuni esempi di queste tecnologie possono essere i miglioramenti sul controllo delle emissioni di particolato nel settore industriale, con i nuovi precipitatori elettrostatici, conosciuti anche con il nome ESP (*Electro Static Precipitator*), filtri a *manica* e *scrubber* (*depuratore a umido*) (Ohlström et al, 2006; Mastropietro, 2008) e la generalizzazione dell' uso dell' *Elemental Chlorine Free (ECF)*, tecnica che utilizza il biossido di cloro per sbiancare la pasta di legno nell' industria della cellulosa (FAO, 1997), diventata ufficialmente parte della direttiva IPPC e delle BATs nel 2001. Individuare quale dei tre fattori ha contribuito in particolar modo alla decrescita tendenziale delle emissioni sopra descritte, risulta essere molto difficoltoso.

Dalla figura (2) (Eurostat, 2013b) è possibile evidenziare che nel periodo 2000-2007, a fronte di un aumento del tasso di crescita della produzione industriale, l'uso delle BATs ha contribuito (positivamente) ad una tendenza decrescente delle emissioni.

La figura (2) evidenzia che nel periodo 2007-2010, i livelli di produttività sono decresciuti congiuntamente con i livelli di emissione dei gas SO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub>.

Tuttavia, tra il 2008 e il 2011 (figura 2), la crisi finanziaria e il suo impatto sulla produzione industriale non hanno influito sulla decrescita delle emissioni. Non troviamo una chiara spiegazione del perché c'è un trend di decrescita delle emissioni molto limitato, rispetto ad una diminuzione consistente della produzione industriale per il periodo 2008-2011.

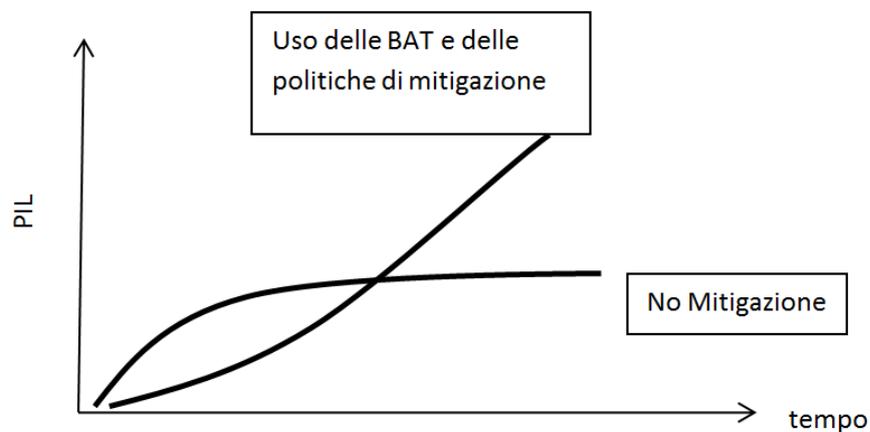


Schneider e Van der A (2012) stimano che in Europa occidentale, nel periodo 2002-2011, le concentrazioni degli NOx sono diminuite con all'applicazione delle norme che disciplinano i limiti di emissioni degli NOx e l'uso della tecnologia installata (BATs). Inoltre nel periodo 2008-2009 la crisi economica globale ha contribuito ulteriormente alla riduzione delle emissioni (Schneider e Van der A, 2012).

Nel rapporto "The economics of climate change" (2006) sull'economia dei cambiamenti climatici è ampiamente illustrato il disaccoppiamento fra la crescita delle emissioni dei gas serra e il PIL. Configurando la medesima logica sulle emissioni dei gas no-GHG, si evidenzia come una politica di

riduzione delle emissioni, ha una prima fase iniziale di minor crescita del PIL, seguita da una tendenza crescente. Diversamente, una continua crescita delle emissioni, porta ad un punto critico in cui la curva del PIL si flette decisamente fin quasi a raggiungere un andamento stazionario, a causa delle gravi conseguenze sugli ecosistemi e sull'economia dei catastrofici cambiamenti climatici prodotti.

**Figura (3). Uso delle BAT e delle politiche di mitigazione.**



Source: Stern (2006). *The economics of climate change*, Cambridge University Press.

L'applicazione della direttiva IPPC-IED, ha rivestito in un certo qual modo lo stesso ruolo della recessione, aumentando la decrescita delle emissioni industriali e accelerarne la tendenza, in particolar modo tra il 2000 e il 2011. Uno degli interrogativi maggiori è come dar credito al supporto della direttiva IPPC nell'aver limitato le emissioni dei gas inquinanti. La domanda che emerge dall'analisi è: *Come poter dimostrare che la direttiva IPPC-IED, abbia realmente limitato l'emissione dei gas inquinanti in un periodo fortemente segnato dal corso dell'economia?*

La tabella (1), riassume le emissioni di 11 gas contaminanti rilevati dal set di dati 2007-2011 disponibili nel registro E-PRTR (2013). Questi inquinanti sono stati selezionati sulla base delle emissioni rappresentative dei più

importanti settori industriali. Ad esempio, la CO, il PM<sub>10</sub> e gli IPA sono comuni a tutti i settori con impianti di combustione; gli IPA rappresentano un indicatore tipico dei biocarburanti. Tutti gli undici inquinanti sono altamente pericolosi per la salute umana e l'ambiente.

**Table 1. E-PRTR Register 2011. Eleven Pollutant Releases**

<b>All EU27 Reporting States, by Region</b>		
<b>Compounds</b>	<b>Releases, t</b>	<b>Facilities</b>
Carbon monoxide (CO)	3,340,188	543
Nitrogen oxides (NOx/ N <sub>2</sub> )	2,631,786	2,541
Sulphur oxides (SOx/ S <sub>2</sub> )	2,925,196	1,237
Non-methane volatile organic compounds (NMVOC)	419,888	842
Particulate matter (PM <sub>10</sub> )	151,473	491
Total nitrogen	394,028	1,175
Total phosphorus	38,043	1,029
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	220	154
Mercury and compounds (as Hg)	34	831
Cadmium and compounds (as Cd)	28	527
<b>Total</b>	<b>9,900,884</b>	<b>9,370</b>
<b>PCDD + PCDF ( dioxins + furans) (as g-Teq)</b>	<b>991</b>	<b>250</b>

(1) None Accidental Releases to Air, Water and Soil. Omissions on confidentiality do not substantially alter the values.

(2) All Facilities reporting in this year.

Source: E-PRTR Official Web Page. Interactive Statistic. <http://prtr.ec.europa.eu/PollutantReleases.aspx>

I più importanti settori industriali con le maggiore emissioni di gas inquinanti (inclusi quelli della tabella 1), sono: il settore energetico; il settore per la produzione e trasformazione dei metalli; il settore dell'industria mineraria; i settori dell'industria chimica, dei rifiuti e della gestione delle acque reflue; il settore dell'industriale relativo ai processi di produzione della carta e del legno (es: la produzione di polpa di legno o altre materie fibrose, carte e cartone).

Dai valori riportati in tabella (1), si evince che:

- In primo luogo, si può osservare che di oltre 28.000 impianti inseriti nel registro E-PRTR, solo 543 impianti hanno riportato le emissioni di CO, 491 impianti il PM<sub>10</sub> e solo 250 impianti i valori delle diossine e furani.

Domanda: *Gli impianti che non hanno dichiarato le proprie emissioni nel 2011, hanno dei valori di emissione al di sotto del valore soglia?*

- In secondo luogo, la maggior parte dei valori di emissione sono ancora molto elevati, in particolare la CO, gli ossidi di zolfo e di azoto, diossine e furani. I valori di emissione sono troppo elevati se consideriamo che il rilascio per ogni impianto è in media di oltre 1000 t /anno.

Nel 2007 il report della Commissione Europea, evidenzia la preoccupante situazione dei livelli di emissione dei gas inquinanti: ... *"The industrial emissions in the European Union remain too high and are having negative effects on human health and the environment. Clearer rules are strict and necessary to ensure that the industrial basis of the necessary high environmental standards in across the EU. The European Union must ensure that companies meet their obligations and use the best available techniques"* (Unione Europea, 2007).

## 2.4. L' IPPC nell'Unione Europea

### 2.4.1. La direttiva IPPC, 1996-2008

La direttiva IPPC (European Union, 1996, 2008b) crea e contiene tre importanti elementi: il primo e più importante elemento è una serie di dichiarazioni e articoli che definiscono lo scopo o l'essenza della normativa. Il secondo è legato all' attuazione della direttiva, conosciuto con il nome di BATs (*Best Available Technologies*) o MTD (*Migliori Tecniche Disponibili*), una guida per la corretta progettazione di impianti industriali in linea con gli obblighi della legislazione. Il terzo elemento è l'implementazione e l'aggiornamento delle BATs per ogni settore industriale, sulla base di riunioni periodiche, definite dall' Unione Europea.

I risultati di questi incontri si riflettono sullo sviluppo di un documento di riferimento (BREFReport), che contiene le BATs e i livelli di emissione associati con l'uso combinato delle tecnologie.

L'essenza della Direttiva IPPC ([European Union, 1996](#)) è così definita:

*“The purpose of this Directive is to achieve integrated prevention and control of pollution ...It lays down measures designed to prevent or, where that is not practicable, to reduce emissions in the air, water and land...including measures concerning waste, in order to achieve a high level of protection of the environment taken as a whole...”*

*“It is for the Member States to determine how the technical characteristics of the installation concerned, its geographical location and local environmental conditions can, where appropriate, be taken into consideration.” “When an environmental quality standard requires more stringent conditions than those that can be achieved by using the best available techniques, supplementary conditions should in particular be required by the permit, without prejudice to other measures that may be taken to comply with the environmental quality standards.”*

*“...best available techniques” means the most effective and advanced stage in the development of activities and their methods of operation which indicate the practical suitability of particular techniques for providing in principle the basis for emission limit...., best ” means most effective in achieving a high general level of protection of the environment as a whole.”*

*“The permit shall include emission limit values for polluting substances, in particular those listed in Annex III...”*

L'Allegato III della direttiva IPPC, rappresenta una base e una discreta lista, né esauriente né completa, di inquinanti emessi in atmosfera e nei corpi idrici. Ad esempio, il particolato (PM) è evidenziato solo come polvere “dust”, senza però alcun accenno al PM<sub>2.5</sub> o alle particelle ultrafini (UFP).

#### 2.4.2. I BREFs (Direttiva IPPC, 1996-2008)

La prima fase di attuazione della direttiva IPPC è senza dubbio costituita dalla produzione e l'approvazione dei BREFReports e lo sviluppo delle BATs per i diversi settori industriali. La riduzione efficace delle emissioni e del controllo dell'inquinamento dipendono dalla direttiva IPPC-IED.

Lo sviluppo di adeguate BATs richiede l'elaborazione di studi dettagliati, il cui fine è generare dei cambiamenti efficienti per il presente e per il futuro.

Tuttavia, se la struttura normativa è avversa allo sviluppo tecnologico, non agevolerà né l'attuazione delle necessarie modifiche e né promuoverà le tendenze innovative.

Un problema è la quantificazione dei benefici ambientali di una particolare BATs. Sembra che l'unico modo per valutare le BATs è quello di utilizzare un approccio qualitativo combinato con il giudizio di esperti (Dijkmans, 2000).

La direttiva IPPC per ogni singolo impianto non indica una specifica BAT da utilizzare, perché dipende dal contesto locale dove l'impianto è situato. Infatti, l'applicazione di una stessa BAT, a confronto con altre BATs di prestazioni equivalenti, nello stesso ramo delle attività industriale (ad esempio processo Kraft nelle attività industriali della pasta di cellulosa), può portare a scelte tecnologiche differenti (Cikankowitz et al., 2012).

Analizzando gli aspetti economici, la conformità degli impianti alla normativa IPPC potrebbe provocare non solo dei costi, ma potrebbe anche influire sui profitti futuri, causando degli impatti negativi in termini di risultati finanziari. I maggiori costi sembrano essere dovuti all'adattamento delle BATs per i vari processi industriali. Ci sono anche casi in cui, i livelli di emissione più bassi richiesti, vanno "al di là delle BAT" a causa di vincoli tecnici o considerazioni di redditività economica (Schoenberger, 2009).

Diversamente, l'investimento finanziario per la conformità alle BATs può rappresentare un vantaggio, in termini di minore riduzione del valore di mercato per gli impianti industriali (Cañón-De-Francia et al., 2007) ed infine,

può migliorare la produttività e la flessibilità, se vi è una giusta ed adeguata selezione delle BATs ([Giner-Santonja et al., 2012](#)).

E' estremamente complesso poter analizzare le varie tipologie di BATs per i principali settori industriali e racchiuderle in questo lavoro. Certo, ci sono fattori comuni (operazioni unitarie, equipaggiamento standard, e altro) tra le diverse aree industriali, ma un'analisi dettagliata delle BATs certamente richiede esperti di ogni settore industriale, e ovviamente ciò non potrà essere esaminato in questo lavoro.

Particolare attenzione è posta su due aspetti importanti dei BREFs, quali la "*List of Emissions Associated with the BAT*" e "*Expression of Emissions Levels associated with the BAT*", per tutti i tipi di emissione: nell'aria (atmosfera), acqua, terra e rifiuti.

L'elenco delle emissioni inquinanti "*associated with the BAT*" è probabilmente inadeguato e riduttivo per i sei settori industriali più importanti ([European Union, 2008b](#)). In generale i parametri selezionati sono quelli più comuni o pienamente utilizzati nelle operazione industriali, ma i parametri rilevanti per valutare le prestazioni ambientali sono carenti: ad esempio i POPs (Inquinanti Organici Persistenti), i metalli pesanti, e gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) sono inesistenti nella maggior parte dei BREFReports. Le liste delle sostanze inquinanti riportate nei BREFReports, sembrano non considerare la lista degli inquinanti riportati nell' allegato III della direttiva IPPC o quantomeno l' esperienza e le conoscenze raccolte in ambito internazionale, comprese le emissioni e i corrispondenti impatti ambientali. Apparentemente si evince che nessun gruppo tecnico abilitato alla redazione dei BREFReports abbia preso in considerazione l'elenco degli inquinanti utilizzati nel Registro E-PRTR (dal 2007), molto simile all' allegato III della direttiva IPPC. In ogni caso, le omissioni più importanti sono quelle relative ai POPs e ai composti bioaccumulabili persistente, assolutamente pericolosi e ancora emessi in piccole quantità (tracce) da ogni unità industriale.

Un ulteriore problema è rappresentato dall'espressione "*Emissions Levels*", nei BREFReports per ogni inquinante associato alla BATs. Le unità di misura

“ $mg/Nm^3$ ” o “ $mg/m^3$ ” sono le usuali espressioni delle emissioni, nel caso dell’industria per la produzione di polpa di cellulosa e di carta, le unità “ $mg/Nm^3$ ”, “ $mg/ton\ prodotta$ ” sono degli standard ormai utilizzati da tempo.

L’espressione “ $mg\ di\ inquinante\ per\ tonnellata\ prodotta$ ”, può rappresentare un modo per esprimere l’efficienza di un impianto, ma questo approccio presenta una scarsa relazione con i problemi ambientali e la salute umana, perché in questo approccio non viene considerato “*il limite alla produzione*”.

Il danno ambientale causato dall’inquinamento è mascherato dall’incremento della produzione.

Lo stesso accade prendendo in considerazione il tempo (unità di misura) come media delle emissioni, i dati relativi alla direttiva IPPC-IED, riportati come media annua possono mascherare ogni episodio puntuale, distribuendo il danno su un arco di tempo maggiore.

Si evince che le unità di misura rilevanti per i dati sulle emissioni sono il tasso di scarico ( $m^3/h$ ) e la concentrazione ( $mg/m^3$ ) di ciascun inquinante emesso, lo stesso può essere indicato come massa per unità di tempo ( $kg/h$ ,  $ton/anno$ , o *altri simili*). In realtà, questa è l’espressione che viene utilizzata in tutti i documenti Eurostat, nonché nel registro E-PRTR, con riferimento alle emissioni industriali.

L’espressione “*massa per unità di tempo*” sembrerebbe essere l’unica espressione associata alle BATs, utile per le autorità nazionali che devono decidere sui “*limiti di emissione*”, per fornire i permessi e le operazioni di monitoraggio.

Supponendo di utilizzare il termine “ $mg\ di\ inquinante/ton\ prodotta$ ” per fissare i limiti di emissione, (poiché c’è un rapporto diretto tra le emissioni e il livello di produzione), per un impianto di 600.000 tonnellate/anno significa causare delle emissioni maggiori (o doppie) rispetto ad un impianto di 300.000 tonnellate/anno. Questo potrebbe essere il caso delle “*pulp mills*”, ovvero le industrie per la produzione di pasta di cellulosa, con una produzione di 800.000 o 1.000.000 ton/anno.

Se la legislazione di uno Stato membro non prevede delle limitazioni alle capacità produttive degli impianti industriali, l'uso dell'espressione "*mg di inquinante/ton prodotta*" è inadeguata del definire i limiti delle emissioni di qualsiasi unità industriale.

Dal report "*Distribution of value added by enterprise size in 2007*" è possibile evidenziare i primi chiari effetti del processo di concentrazione causato dalle differenti unità industriali europee ([European Commission , 2011b](#)).

Il settore dell'industria per la produzione della carta e della cellulosa, con un profilo tradizionale di 200.000 a 300.000 tonnellate/anno per impianto, sta sviluppando un minore numero di fabbriche con maggiori dimensione media in termini di produttività, un esempio sono le nuove fabbriche per la produzione di carta e di cellulosa, con una capacità di 500.000 - 600.000 tonnellate/anno.

Nel 2001 l'Europa contava circa 1.100 fabbriche per la produzione di carta e di cartone e 230 per la produzione di polpa; nel 2011 per la prima tipologia industriale gli impianti sono stati ridotti a 800, per la seconda tipologia industriale a 170. Nel 2001 l' 8.1% delle fabbriche per la produzione carta e cartone e il 19.2 % delle fabbriche per la produzione di cellulosa hanno superato le 300.000 tonnellate/anno. Nel 2011 i valori corrispondenti sono del 12.4% e del 30.8% ([CEPI, 2012](#)).

La tendenza è sostenuta esclusivamente da fattori economici caratteristici di un'economia di scala e l'automazione degli impianti. La riduzione dell'investimento iniziale per tonnellata di pasta prodotta, causa meno lavoro (costo) per unità di produzione, con relativi benefici economici e finanziari.

Tale situazione non rappresenta in generale una condizione sostenibile per l'ambiente e in particolar modo per la salute delle persone. Le prospettive internazionali di questo settore industriale sono ampiamente compromesse. Le imprese europee hanno costruito e messo in opera numerosi Greenfield mills, da 1.000.000 - 1.500.000 tonnellate/anno nel continente Asiatico e Latino Americano.

I progetti più recenti per l'Indonesia sono uno o due impianti start-up da 2.000.000 tonnellate/anno (CIFOR , 2011). La maggior parte di queste attività industriali sono state finanziate con fondi dell' Unione Europea, dei Paesi membri o dalla Banca Mondiale. Tutte queste attività industriali sono considerate conformi alla direttiva IPPC-BAT, rivendicando il riconoscimento degli elevati standard ambientali adottati. La realtà è ben diversa, poiché sono emesse grandi quantità di sostanze inquinanti. Si suppone che le aziende europee abbiano esportato fisicamente le loro attività produttive industriali nei paesi in via di sviluppo, applicando i BREFReports e le BATs, senza però aver applicato lo spirito della direttiva IPPC-IED.

## 2.5. La direttiva IPPC 2010/75/UE (IED)

Il 24 Novembre 2010 il Parlamento europeo ha approvato la “nuova” direttiva IPPC 2010/75/UE, nota come direttiva Industrial Emissions Directive (IED) (European Commission, 2012c; European Union, 2010b). L'obiettivo esplicito della nuova direttiva è di stabilire criteri più rigorosi per le emissioni inquinanti delle attività industriale, soprattutto nei settori chiave come la produzione di energia, combustione e co-combustione dei differenti combustibili fossili, biocarburanti ed altri. Due principali disposizioni sono state attuate per raggiungere l'obiettivo: rafforzare il concetto BREFReports (vedi anche: <http://eippcb.jrc.es/reference>) e di stabilire il concetto "Emission Limit Value" per un numero discreto di casi critici all' interno della stessa Direttiva.

I cambiamenti formali nel BREFs sono chiari:

*... The permit conditions including emission limit values (ELVs) must be based on the Best Available Techniques (BAT), as defined in the IPPC Directive. The IED Directive has introduced the ... BAT conclusions (documents containing information on the emission levels*

*associated with the best available techniques) ...also called [BAT\_AELs] ... shall be the reference for setting permit conditions. To assist the licensing authorities and companies to determine BAT, the Commission organizes an exchange of information between experts from the EU Member States, industry and environmental organizations. This work is co-ordinated by the European IPPC Bureau of the Institute for Prospective Technology Studies at the EU Joint Research Centre in Seville (Spain). This results in the adoption and publication by the Commission of the BAT conclusions and BAT Reference Documents (the so-called BREFs)... (European Commission, 2012c).*

I valori limite di emissione devono essere fissati nelle "autorizzazioni", evidenziando così la necessità di stabilire valori limite di emissione che non possono essere meno rigorosi di quelli previsti dalla direttiva.

L'aspetto più rilevante della presente direttiva è l'assenza di un nuovi concetti o criteri per lo sviluppo di migliori BATs o metodologie per l'impostazione dei "emission level associated with the best available techniques" per ogni settore industriale (Polder et al., 2012).

Tuttavia, la direttiva IED è in fase di evoluzione, sarà applicata a partire dal 2013 fino al 2016, secondo quanto riportato sul sito dell' Unione Europea.

## 2.6. Il progresso di implementazione delle BAT-IPPC in Europa

Su un campione di 61 impianti divisi per 12 settori industriali in 16 Stati membri, il problema principale risiede nella bassa percentuale di permessi rilasciati, il che dimostrerebbe la bassa implementazione delle BATs- IPPC.

Dai dati riportati dalla Commissione Europea Direzione Ambiente (European Commission - DG Environment, 2009), ci sono circa 44.291 (91%) impianti sottoposti alla direttiva IPPC, con 4.618 (9%) impianti a cui sono stati rilasciati dei permessi eccezionali per i 27 Stati membri. Questi dati si

riferiscono agli impianti industriali a cui sono state rilasciate le autorizzazioni, fino al 30 ottobre 2007.

Osservando l'andamento delle autorizzazioni IPPC, la Germania e il Regno Unito hanno rilasciato il 90% dei permessi, la Spagna ha rilasciato l'80% dei permessi e l'Italia il 50%. Vale la pena notare che il numero di permessi rilasciati, non è lo stesso per tutti gli Stati membri.

Il numero dei permessi rilasciati in alcuni Stati membri è differente poiché ci sono differenti modalità applicative della direttiva, in alcuni casi le autorizzazioni sono rilasciate per ciascun impianto, mentre in altri sono stati rilasciati permessi unici per più installazioni ([European Commission Directorate – General Environment, 2009](#)).

Dal numero di permessi rilasciati per gli impianti: Germania, Italia, Spagna e Regno Unito, si deduce che l'uso delle BATs-IPPC è aumentato dal 2008.

Il numero crescente dei permessi rilasciati (*quantità*), può essere collegato al concetto di efficacia della direttiva, diversamente la *qualità* dei permessi rilasciati, rappresenta il problema principale, perché c'è una bassa percentuale di permessi che riflettere l'applicazione del principio delle BATs-IPPC ([European Commission, 2010](#)).

La Germania, l'Italia, la Spagna e il Regno Unito, hanno riscontrato difficoltà applicative dei principi della direttiva IPPC, sia in termini di VLE (*valori limite di emissione*) che di BATs. La maggior parte degli Stati membri non ha ancora adottato una precisa metodologia per la determinazione delle BATs ([Goovaerts et al., 2011](#)).

Ad esempio, in Germania la selezione delle BATs avviene attraverso le linee guida nazionale, in Spagna attraverso la semplice traduzione del BREF Reports. In Italia alcune difficoltà derivano dalla scarsa conoscenza dei metodi di applicazione delle BATs e la mancanza delle risorse per l'attuazione della direttiva IPPC. Per la Spagna un'altro problema è rappresentato dall'interpretazione dei rapporti BREF Reports tra i differenti enti governativi. Tuttavia, l'Italia, il Regno Unito ed altri Stati membri, hanno adottato dei criteri per fissare i VLEs differenti dalla Germania e dalla Spagna. Queste

ultime utilizzano criteri locali di tutela ambientale o criteri di alta protezione contro i livelli di emissione (Goovaerts et al., 2011).

Il problema principale è la difficoltà nell' utilizzare i BREFReports, perché mancano le informazioni sulle BATs associate alle BAT-AELs (*Best Available Technologies - Associated Emission Levels*).

Ad esempio, per gli impianti LCP (*Large Combustion Plants*) i VLEs e le BATs sono definite nel processo di autorizzazione IPPC. Tuttavia, solo il 20% dei VLEs (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO e polveri) sono inferiori o uguali ai limiti imposti dalle BAT-AELs nel range di medio periodo (Goovaerts et al., 2011).

Dal 2004 sono stati registrati buoni progressi nelle riduzioni delle emissioni dei tre inquinanti regolati dalla direttiva LCP (*Large Combustion Plant*), ossia per la riduzione degli NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e polveri. Le emissioni degli NO<sub>x</sub> di tutti i grandi impianti sono diminuite del 30% durante il periodo 2009, rispettivamente gli SO<sub>2</sub> e le polveri sono diminuite più del 50% (EEA, 2013e).

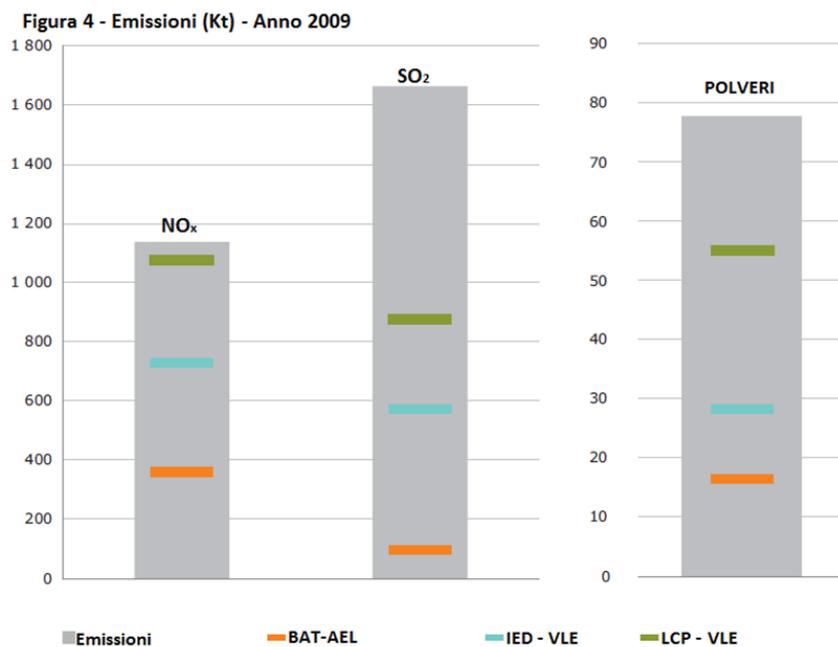
Gli inquinanti emessi dagli impianti LCP, quali gli NO<sub>x</sub> e gli SO<sub>2</sub> contribuiscono ai depositi acidi (es: acidificazione del suolo e dell'acqua), danneggiando le piante e gli habitat acquatici e possono corrodere i materiali da costruzione. Gli NO<sub>x</sub> e gli SO<sub>2</sub> contribuiscono alla formazione di materiale particolato (PM<sub>2.5</sub> e UFP) nell'atmosfera, mentre gli NO<sub>x</sub> reagiscono con i COV (Composti Organici Volatili) alla formazione dell'ozono troposferico O<sub>3</sub>. Attualmente il materiale particolato (PM<sub>2.5</sub> e UFP) insieme agli O<sub>3</sub> rappresentano gli inquinanti più pericolosi in Europa in termini di danni alla salute umana (EEA, 2013e).

I limiti di emissione di biossido di zolfo, ossidi di azoto e polveri, fissati ai sensi della direttiva LCP per gli impianti di combustione con potenza termica nominale pari o superiore a 50 MW costituiscono le “norme minime”.

*...“Nel corso della revisione della direttiva IPPC tra il 2005 e il 2007 si è peraltro rilevato che tali limiti venivano spesso applicati come livelli default, allo scopo di determinare le condizioni dell'autorizzazione, benché in molti casi fossero sensibilmente più elevati dei livelli di emissione associati alle BAT”...*

*Nella IED i valori limite di emissione ... sono stati allineati ai livelli delle BAT ricavati dal documento di riferimento sulle BAT della LCP, precisando altresì che tali valori limite svolgevano la funzione di prescrizioni “minime”. Tuttavia, per alcuni tipi di grandi impianti di combustione i documenti di riferimento sulle BAT non indicavano alcun livello di emissione associato a queste ultime. (European Commission, 2013a)*

Le emissioni degli NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e polveri emessi dagli impianti LCP, (vedi figura 4), sono inferiori ai VLEs dichiarati nelle autorizzazioni IPPC, ma in alcuni casi risultano essere superiori ai valori delle BAT-AELs (Goovaerts et al., 2011).



European Environment Agency (2013d)

La maggior parte degli inquinanti emissioni dagli impianti LCP è conforme ai VLEs indicati nel permesso IPPC-IED, diversamente dalle BAT-AELs indicate nei BREFReports.

L'agenzia ambientale europea (EEA - European Environment Agency) (2013e), riporta che:

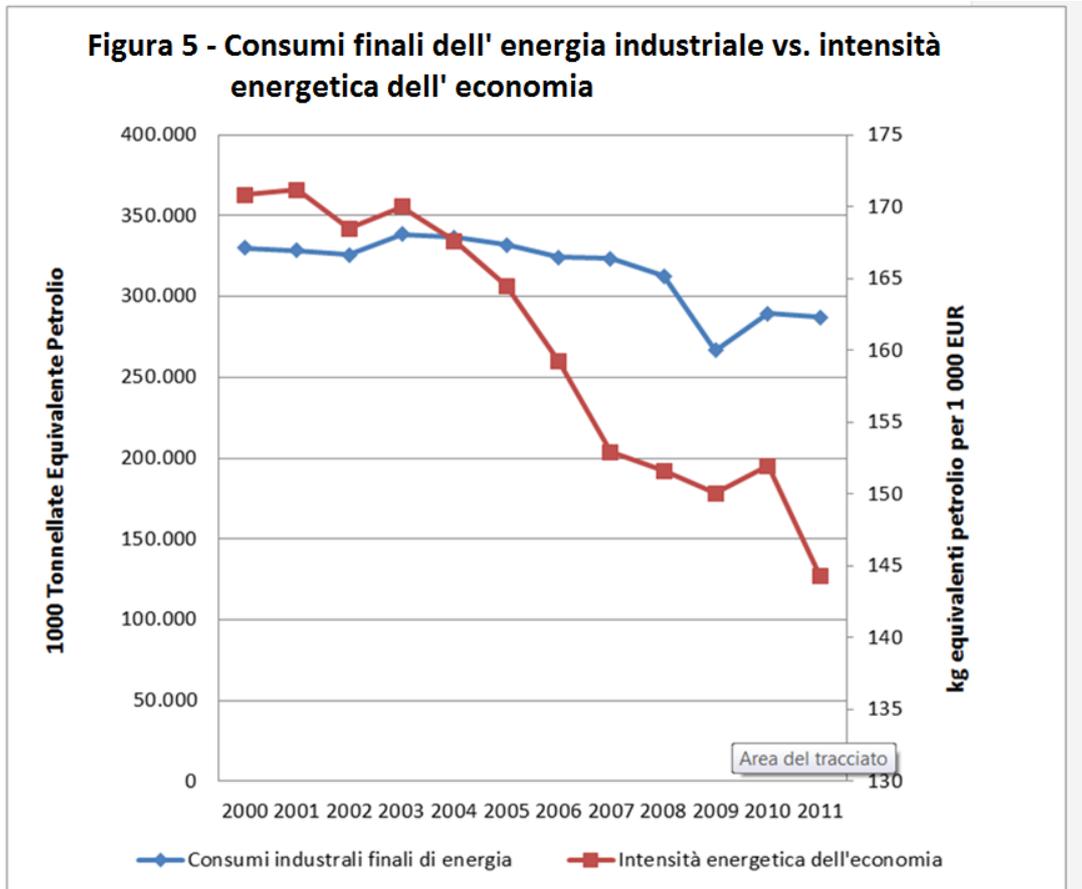
...”The BAT associated emission levels (BAT-AELs) given in the BREF are expressed as a range of values taking into consideration factors such as the age of the plants, process management and the range of techniques considered to be BAT. The BAT-AELs range from the lower BAT (most stringent) to the upper BAT (least stringent). The BAT AELs are expressed as flue gas pollutant concentrations. While not legally binding under the IPPC Directive, the BAT AELs provide information on the best environmental performance associated with technically and economically viable techniques. A revision of the LCP BREF started in October 2011, a process which is expected to lead to new LCP BAT conclusions to be adopted under the IED in the course of 2014. These BAT conclusions will have a much more binding role under the IED than was previously the case under the IPPC Directive (EEA, 2013e).

Il governo UK ha pubblicato un rapporto su dieci casi di studio sulla attuazione della direttiva IPPC (Defra, 2008). Le autorizzazioni IPPC sono state rilasciate senza l'adozione dei regolamentari nazionali (*Sector Guide Notes*), causando una contraddizione tra l'applicazione dei permessi e le informazioni di base necessarie per la determinazione dei permessi. Il secondo problema, per alcuni casi di studio, è l'incongruenza dei valori VLEs con i valori di BAT-AELs riportati nei BREFReports (Defra, 2008).

E' importante evidenziare, che la riduzione delle emissioni non è attuata solo con l'uso delle BATs e dei VLEs, ma piuttosto da una combinazione di fattori, quali ad esempio la recessione economica, la domanda di energia (vedi figura 5) e la diffusione delle energie rinnovabili e la chiusura di alcune centrali elettriche (EEA, 2013e).

L'intensità energetica è un indicatore approssimato dell'efficienza energetica di un'economia e mette in rapporto la quantità di energia consumata e il livello di produzione economica. L'indicatore “*intensità energetica dell'economia*” (vedi figura 5) rappresenta il consumo interno lordo di energia diviso il PIL (*Prodotto Interno Lordo*), misurato in “*kg equivalenti di petrolio per 1 000*

euro". Il consumo interno lordo di energia è calcolato come la somma del consumo interno lordo di cinque tipi di energia: carbone, elettricità, petrolio, gas naturale e fonti energetiche rinnovabili.



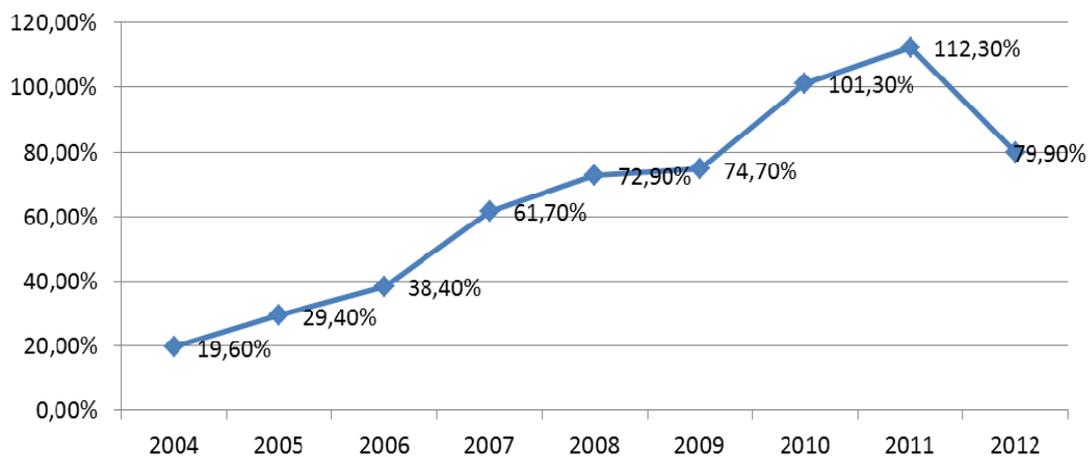
Eurostat, (2013b)

Trattandosi di un rapporto, CIL (*Consumo Interno Lordo di Energia*) / PIL (*Prodotto Interno Lordo*), emerge che tanto più basso è il valore dell'intensità energetica tanto più aumenta l'efficienza energetica dell' economia interessata. L'intensità energetica è un indicatore fortemente collegato allo sviluppo economico, ma non sempre una riduzione dell' intensità energetica indica un miglioramento dell' efficienza energetica. Ad esempio, il passaggio da una struttura produttiva ad alto consumo di energia verso una stuttura a basso consumo di energia, a parità di condizioni, determina una riduzione dell'intensità energetica che non è associata ad un incremento dell' efficienza energetica.

L'indicatore “*consumo finale di energia*” rappresenta il consumo energetico espresso in “*1000 Tonnellate Equivalente Petrolio*” per tutti i settori industriali, quali: industria siderurgica, industria chimica, alimentare, delle bevande e del tabacco, industria tessile, pelletteria e abbigliamento, industria della carta e della stampa.

Dalla figura (5) emerge che, a causa della crisi economica avvenuta del 2008, i consumi energetici sono decresciuti in modo quasi esponenziale, raggiungendo una decrescita massima nel 2009, con un consumo di energia pari a (-19.2%) rispetto al periodo 2000, con una lieve controtendenza nel periodo 2010-2011. Diversamente l'indicatore “*intensità energetica dell'economia*”, evidenzia un trend dal 2010 al 2011 in forte decrescita, ciò può essere spiegato con dall' aumento tendenziale dell'efficienza energetica. In figura (6) è riportato il trend degli investimenti nelle energie rinnovabili, il periodo 2010-2011 rispecchia i dati Eurostat (2013b) riportati in figura (5), poiché il rapporto tra il CIL (*Consumo Interno Lordo di Energia*) e il PIL (*Prodotto Interno Lordo*) è diminuito.

**Figura 6 - Europa - Trend degli investimenti nelle energie rinnovabili.**



United Nations Environmental Programme - UNEP (2013)

In ambito europeo gli investimenti nelle moderne tecnologie sono diminuiti, in Germania si è passati dai 26 mld del 2012 ai 14 mld del 2013, in Francia (da 6,2 mld a 4,1 mld) e in Spagna (da 3,1 mld a 1.1 mld). La decrescita consistente è avvenuto in Italia, dove dai 15,2 mld del 2012 si è arrivati a quota a 4 mld del 2013 ([UNEP, 2013](#)).

La crisi economica ha influito sulla decrescita delle emissioni, ma la tendenza alla riduzione dei gas inquinanti non sembrerebbe essere ancora sostenuta da efficaci politiche nel regolamentare i livelli di emissione. L' EEA evidenzia che la qualità atmosferica non è sempre direttamente proporzionale alla diminuzione complessiva delle emissioni industriali. Alcune possibili cause possono essere attribuite ad una non chiara relazione lineare tra il decremento delle emissioni e le concentrazioni degli inquinanti atmosferici presenti in atmosfera, e da un contributo crescente del trasporto di inquinanti atmosferici a lunga distanza verso l'Unione Europea da altri paesi ([EEA, 2013f](#)).

## 2.7. Alcuni elementi di discussione

Lo scopo del mio lavoro è contribuire scientificamente alla ricerca dei problemi relativi all'applicazione della direttiva IPPC-IED. Riporto di seguito alcune domande e dubbi sorti nella fase di analisi.

Dal momento che lo spirito stesso della direttiva IPPC-IED non è discutibile, tutti gli sforzi dovrebbero essere volti a migliorare l'attuazione e la progettazione dei BREFReports e delle BATs.

Come analizzato nel capitolo 2, paragrafo 2.3, c'è un' evidente mancanza dei dati statistici, relativi agli eventuali successi nell' applicazione della direttiva IPPC, dopo circa 16 anni di attuazione in Europa.

Sarebbe interessante avere una visione completa delle emissioni sia prima che dopo l'attuazione della direttiva IPPC. Inoltre sarebbe interessante, se possibile, rendere pubblici i risultati al fine di consentire una migliore attuazione della direttiva IPPC.

**La crisi economica ha influenzato l'attuazione delle BATs-IPPC?** La Commissione Europea (2012d) evidenzia che gli investimenti nelle nuove tecnologie si attestano ad un livello del 2.5% del PIL nel periodo 2008-2011. La produzione industriale nell'Unione Europea è diminuita del 10% a causa della crisi economica, inoltre questo è collegato all'aumento dei prezzi energetici del 27% in termini reali dal 2005 all'inizio del 2012 (European Commission, 2012d).

Ad esempio, per il settore della cellulosa, della carta e prodotti di carta, il livello di produzione è aumentato progressivamente, più del 12% tra il 2002 e il 2007. Tuttavia, negli ultimi mesi del 2008 i livelli di produzione sono diminuiti nettamente, con una produzione di polpa, della carta e prodotti di carta inferiori del 8.8% rispetto al 2007 (European Commission, 2009).

### **C'è una relazione lineare tra i livelli di emissione e le concentrazioni degli inquinanti atmosferici?**

In generale, non sempre vi è una chiara relazione lineare tra la riduzione delle emissioni e le concentrazioni degli inquinanti atmosferici rilevati in atmosfera. I livelli inquinanti in atmosfera sono frequentemente influenzati da un contributo crescente del trasporto a lunga distanza degli inquinanti provenienti da altri paesi verso l'Unione Europea. Inoltre la riduzione dell'intensità energetica non sempre e non solo indica un miglioramento dell'efficienza energetica: ad esempio il passaggio da una struttura produttiva ad alto consumo di energia verso una struttura a basso consumo di energia, a parità di condizioni, determina una riduzione dell'intensità energetica che non è associata ad un incremento dell'efficienza energetica.

### **Quali possono essere i rischi sulla salute umana delle attività industriali non conformi alla direttiva IPPC-IED?**

L'attuale il rischio per la salute umana causato dalle emissioni industriali è in discussione con l'attuazione della Direttiva IPPC. Recenti ricerche scientifiche

confermano che le concentrazioni degli inquinanti sono ancora al di sopra dei limiti legali raccomandati in molti Stati Europei (EEA, 2012), aumentando così il rischio per la salute umana. Molti studi epidemiologici confermano la correlazione positiva tra il livello di inquinamento e l' aumento della morbilità e mortalità tra gli adulti e bambini, contribuendo così alla riduzione della speranza di vita (Dockery, 2009; Halone et al., 2009; Krewski, 2009; Pope et al., 2009). Infatti, da studi condotti nelle vicinanze degli impianti industriali ricadenti negli obblighi della direttiva IPPC, è stato riscontrato un aumento del livello di rischio di alcune malattie per i residenti che abitano nelle vicinanze di poli industriali. In 8.098 città Spagnole, sono stati registrati nel periodo 1997-2006, circa 2.146 decessi per tumore alla pleura per esposizione all' amianto. Sempre in Spagna nel 2009, sono stati registrati tra gli uomini e le donne, 183 e 58 decessi (López-Abente et al., 2012). Questo studio evidenzia la correlazione positiva, tra la mortalità per tumore alla pleura per i cittadini residenti a meno di 2 Km dalle industrie registrate IPPC e le emissioni inquinanti rilasciate in atmosfera dai 24 gruppi industriali (López-Abente et al., 2012). Per i lavoratori impiegati nelle industrie di produzione della carta e del cartone, si è evidenziato un aumento statisticamente significativo di eccesso di casi per cancro al polmone (Lee et al., 2002). Il cancro ai polmoni è causato dai gas di zolfo e miscele di composti organoclorurati sospese nell'aria (Lee et al., 2002), polvere di legno (Szadkowska-Stańczyk et al., 1998), e polveri di inquinanti inorganici (Szadkowska- Stańczyk and Szymczak, 2001). Monge-Corella et al. (2008) rilevano casi di mortalità municipale per tumore al polmone in 8.073 città spagnole nel periodo 1994-2003. Anche se non è stata dimostrata ancora nessuna associazione tra i casi di cancro al polmone e le attività industriali, sarebbe opportuno non escludere questa ipotesi. È stato osservato che il rischio di mortalità aumenta con la vicinanza (50 km) agli impianti (2 su 18 impianti) considerati nello studio. Lo studio epidemiologico condotto da Pirastu et al. (2011) in Italia, nella zona industriale di Taranto (Progetto Sentieri) evidenzia il probabile rischio di morte per cancro al polmone causato dai gas industriali emessi in atmosfera.

La Commissione Europea (2013b) ha deciso di avviare un'azione contro l'Italia per ridurre l'impatto ambientale dell'acciaieria ILVA di Taranto, il più grande stabilimento siderurgico europeo.

Di particolare rilevanza è la comunicazione della Commissione Europea (2013b) sul caso ILVA. Si riporta un'estratto:

*...”In seguito a diverse denunce provenienti da cittadini e ONG, la Commissione ha accertato che l'Italia non garantisce che l'ILVA rispetti le prescrizioni dell'UE relative alle emissioni industriali, con gravi conseguenze per la salute umana e l'ambiente. L'Italia è inoltre inadempiente anche rispetto alla direttiva sulla responsabilità ambientale, che sancisce il principio "chi inquina paga" ... . (European Commission, 2013b).*

**Le debolezze dei BREFReports.** E' stato evidenziato nel paragrafo 2.4.1 l'insufficienza relativa all'elenco delle sostanze inquinanti riportate nei BREFReports associate alle BATs, nonché l'inadeguatezza dell'espressione dei livelli di emissioni per ciascun inquinante.

Il rilascio di un'autorizzazione IPPC, dovrebbe prendere in considerazione per la tutela ambientale anche i livelli di produzione. In particolare le attività di produzione della carta emettono nell'ambiente circa 10-15 t di sostanze chimiche altamente pericolose per 100 tonnellate prodotte (CEPI, 2011; EcoMetrix, 2010). Con questa “regola” l'inquinamento tende all'infinito, perché nessun limite di produzione è presente. Vale la pena notare, che ogni anno in Europa (EU 27), circa il 40% dei lavoratori (80 milioni di lavoratori), sono esposti a fattori che possono influenzare negativamente la salute fisica, e un'altro 27% di lavoratori (56 milioni di lavoratori), sono esposti a fattori che possono influenzare negativamente il benessere mentale (Eurostat Health, 2009a). Nella industria manifatturiera (UE 27), i gravi "incidenti" sul lavoro colpiscono circa 616.750 lavoratori ogni anno, di cui 608 sono fatali (Eurostat Health, 2009b).

**La responsabilità dei BREFReports.** Le domande e le affermazioni di cui sopra, non sono un'utopia, ma rappresentano situazioni che realmente possono accadere, probabilmente a causa della debolezza applicativa dei BREFReports e delle BATs. Sembra logico pensare che, le debolezze normative costituiscono il principale fattore di responsabilità per il basso tasso di attuazione della Direttiva IPPC nelle varie attività industriale europee, con conseguenze negative sulla decrescita delle emissioni inquinanti.

### **3. Conclusioni**

Le politiche economiche nazionali ed internazionali hanno ignorato visibilmente le problematiche ambientali. Pur promuovendo la crescita e la liberalizzazione dei mercati, sono stati sottovalutati i possibili impatti e i danni ambientali. In particolar modo i conflitti ambientali, che si manifestano tra il potere economico e la società umana, causano guerre e violazioni dei diritti umani.

Il proposito del presente lavoro è l'analisi critica dell'uso delle politiche di tutela ambientale (es: Protocollo di Kyoto e Direttiva IPPC-IED) applicate nel contesto internazionale e nazionale. Le conclusioni del mio studio rappresentano le risposte alle domande per le quali ho iniziato la mia attività di ricerca. Di seguito riporto le mie conclusioni suddivise per le tre aree di analisi.

#### **1) Il Protocollo di Kyoto ha raggiunto i suoi obiettivi principali?**

Allo stato attuale possiamo concludere che gli obiettivi del Protocollo di Kyoto, per il primo periodo di impegno terminato nel 2012, non sono stati raggiunti. Tuttavia non possiamo neanche affermare che gli obiettivi siano stati in parte soddisfatti, poiché le riduzioni delle emissioni dei gas GHG nei paesi dove ciò è avvenuto rappresentano una quantità non significativa rispetto alla crescita delle emissioni a livello mondiale.

Risulta evidente una rinegoziazione complessiva che coinvolga tutti i Paesi (industrializzati e in via di sviluppo), con obiettivi più stringenti e un meccanismo di consenso che permetta di monitorare e garantire la conformità agli obiettivi.

Alcuni aspetti di particolare rilievo che dovrebbero essere considerati nel nuovo accordo, sono:

- Il riconoscimento esplicito del peggioramento del cambiamento climatico. Infatti da quanto emerso dai dati scientifici riportati dall' IPCC, potranno esserci in un prossimo futuro, nuovi rischi per i quali vale la pena sviluppare nuove previsioni e nuovi scenari.
- Il raggiungimento di un nuovo accordo che impegni gli Stati Uniti, il Canada, il Giappone e la Russia. Tuttavia, occorre ri-categorizzare i Paesi non compresi nell' allegato I “*Country Parties*” (Cina e India) e raggiungere con questi il consenso sugli impegni fondamentali.
- La gestione delle attività di mitigazione forestale. Il Protocollo di Kyoto dovrebbe promuovere periodi di gestione a lungo termine e la nascita di riserve forestali protette in tutto mondo. Questo porterà benefici multipli, oltre a ridurre la concentrazione atmosferica di gas serra.
- Regolamentazione dei progetti LULUCF. La Convenzione UNFCCC e il Protocollo di Kyoto dovrebbero, disincentivare tutti quei progetti forestali che cercano di eguagliare (per fini economici) il concetto della raccolta dei prodotti forestali alla capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub> (*carbon sequestration*), in quanto la capacità di assorbimento e lo stoccaggio possono essere definiti solo dalla ricerca scientifica e non dalle trattative economiche.
- L'ottimizzazione del processo di combustione della biomassa. Per la produzione di energia elettrica si dovrebbe limitare la combustione della biomassa, discriminando tutte quelle situazioni in cui può essere garantito un chiaro guadagno in termini ambientali, da quelli dove non c'è certezza di riduzione delle emissioni di gas serra (*gas GHG*). L'attività industriale leader nel consumo della biomassa è rappresentata dalle *pulp mills* per la produzione di pasta “Kraft”, che consuma grandi quantità di sostanze chimiche pericolose, brucia il *black liquor*

mescolati con rifiuti pericolosi ed emette una grande quantità di sostanze inquinanti, compresi gli inquinanti organici persistenti.

- Costituzione di regole e norme che limitino l'effetto "*Global Warming*". Infatti, nelle ultime conferenze di Doha (2012) e Varsavia (2013), sono state adottate differenti conclusioni, senza raggiungere effetti rilevanti.

### **Le attività LULUCF rappresentano delle opportunità competitive nel mitigare l'effetto "*Global Warming*"?**

Le attività LULUCF indicate nel Protocollo di Kyoto rappresentano delle buone opportunità competitive nel mitigare gli effetti dei gas GHG in termini di *cost-effectiveness*. Tenendo conto degli aspetti tecnici di riduzione delle emissioni in atmosfera dei gas GHG, e degli aspetti politici ed economici della gestione forestale nonché degli interventi A/R, possiamo trarre alcune considerazioni:

- La contabilizzazione (*carbon accounting*) delle unità di carbonio sequestrate (*carbon sequestration*) in atmosfera e le unità di carbonio immagazzinate dalla biomassa (*carbon stock*), presentano delle differenti metodologie di conteggio, le quali possono incidere sulla capacità dei carbon sink creando incertezze sul futuro politico, sociale ed economico (*carbon market*) ed il loro impatto sulla gestione forestale. In particolar modo nel sistema Europeo (EU-ETS), le attività LULUCF non sono ancora state disciplinate.
- La capacità di immagazzinamento delle unità di carbonio (*carbon stock*) e le unità di carbonio sequestrate (*carbon sequestration*) e la redditività di un progetto forestale dipendono da alcuni fattori intrinseci che

variano da Regione a Regione o da Stato a Stato per il tipo di gestione forestale e il tipo di suolo e progettazione fisica delle foreste.

- Le attività LULUCF rappresentano un vantaggio in termini *cost-effective* nella mitigazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. La mitigazione non può essere sempre raggiunta con il solo aumento del periodo di rotazione delle foreste, perché ad di là degli obiettivi del Protocollo di Kyoto ci sono gli interessi economici dei proprietari privati del suolo forestale. Il prezzo di vendita del legno influisce positivamente o negativamente sul mercato del carbonio e viceversa; ovvero il pagamento delle unità di carbonio sequestrato può migliorare la sostenibilità finanziaria nel gestire le foreste in lunghi periodi di rotazione. Le attività LULUCF sono *cost-effective* solo quando i costi marginali e i costi di transazione sono bassi.

### **La direttiva IPPC-IED e l'uso delle BATs hanno diminuito i livelli di emissione degli inquinanti nocivi?**

La direttiva IPPC-IED individua le BATs come opportunità competitive, per aumentare le performance finanziarie e diminuire i livelli di emissione degli inquinanti nocivi. L'uso delle BATs può rientrare nell'accezione più ampia della *green economy*, perché le tecnologie BATs sono definite "*cleaner production*", ovvero tecnologie studiate per mitigare le cause dell'inquinamento.

Alcuni casi di studio condotti in Spagna hanno evidenziato che le emissioni derivanti da industrie autorizzate IPPC e registrate E-PRTR, costituiscono un aumentato fattore di rischio di esposizione per alcuni tipi di cancro degli abitanti, residenti nelle vicinanze delle installazioni. Da quanto affermato si evidenzia che nella prima fase di attuazione della direttiva IPPC (direttiva

96/61/CE), l'obiettivo di mitigare gli impatti sulla salute umana risulta non essere stato pienamente raggiunto.

Un secondo problema è il numero delle autorizzazioni rilasciate che non è sempre corrispondente al concetto di efficienza nell'uso delle tecnologie a basso impatto ambientale.

Alcune considerazioni:

- Le emissioni inquinanti di tipo industriale in Europa sono diminuite dal 1990, ma il livello è ancora molto alto, con grande rischio per tutti gli esseri viventi. L'andamento futuro delle emissioni è incerto, inoltre la possibilità che la diminuzione delle emissioni si arresti è alto nel breve periodo. L'evoluzione dell'economia può essere uno dei fattori che può influenzare questi trend.
- Non vi sono attualmente prove disponibili sulla reale efficacia della direttiva IPPC nella diminuzione delle emissioni inquinanti. Forse come previsto, la sua influenza è stata positiva, ma è molto difficile, da dimostrare e comprovare, il raggiungimento degli obiettivi della direttiva IPPC con le informazioni oggi disponibili.
- Lo stato di applicazione della direttiva in tutti gli Stati membri dell' UE sembrerebbe essere buona, ma non ancora soddisfacente, perché la maggior parte delle principali industrie europee non sono pienamente conformi allo spirito della direttiva.
- Sembrerebbe indispensabile un miglioramento dei BREFs e BATs per ridurre le emissioni industriali inquinanti a livelli accettabili sia per la tutela ambientali e sia per la salute umana.
- La crisi economica ha influito sulla decrescita delle emissioni, ma la tendenza alla riduzione dei gas inquinanti non sembrerebbe essere

ancora sostenuta da efficaci politiche nel regolamentare i livelli di emissione.

## Bibliografia

Adams, T., Fredrick, W.J., Grace, T.M., Hupa, M., Lisa, K., Jones, A.K., Tran, H. (1997). Kraft Recovery Boilers, American Forest and Paper Association, Tappi Press, USA.

Aertsens, J., De Nocker, L., Gobin, A., (2013). Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. Land Use Policy. 31: 584-594.

Alisciani, F., Carbone, F., Perugini, L., (2011) . Criticità e problematiche nella prospettiva post-2012 per la partecipazione del settore forestale all'eventuale mercato nazionale dei crediti di carbonio. Italian Society of Silviculture and Forest Ecology. 8:149-161.

<http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor0672-008>

APAT, (2008). Attuazione del Regolamento (CE) n° 166/06 . Rapporto di valutazione della qualità delle dichiarazioni PRTR. Linea guida e Questionario per la dichiarazione PRTR. Disponibile on-line:

[http://www.eper.sinanet.apat.it/site/\\_contentfiles/00000000/47\\_Rapporto\\_E\\_P\\_RTR.pdf](http://www.eper.sinanet.apat.it/site/_contentfiles/00000000/47_Rapporto_E_P_RTR.pdf) (accesso 26.02.2014)

Andersson, K., Evans, T.P., Richards, K.R., (2009). National forest carbon inventories: policy needs and assessment capacity. Climate Change 93, 69-10.

AHA, (2010). Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease: An Update to the Scientific Statement from the American Heart Association, American Heart Association. Disponibile on-line:

<http://circ.ahajournals.org/content/121/21/2331>

(accesso 26.02.2014)

AMEC, (2007). Botnia, S.A. and Fray, Bentos, Uruguay Orion Bkp Mill Pre-Startup Audit, 1-125. Disponibile on-line:

[http://www.ifc.org/ifcext/disclosure.nsf/content/Uruguay\\_Orion\\_AMEC\\_Report](http://www.ifc.org/ifcext/disclosure.nsf/content/Uruguay_Orion_AMEC_Report) (accesso 26.02.2014)

Aracruz, (2011). Barra do Riacho Fiberline. Disponibile on line:

<http://www.fibria.com.br/web/pt/negocios/celulose/aracruz.htm>

(accesso 26.02.2014)

Bayon, R., Hawn, A., Hamilton, K., (2007). Voluntary carbon market an international business guide to what they are and how they work. Earthscan, London – Sterling VA. Disponibile on-line:  
[http://www.fcarbonsinks.gov.cn/gjtsc/Forest\\_Trends\\_voluntary\\_carbon\\_markets.pdf](http://www.fcarbonsinks.gov.cn/gjtsc/Forest_Trends_voluntary_carbon_markets.pdf) (accesso 26.02.2014)

Barreiro, S., Tomé, M., (2012). Analysis of the impact of the use of eucalyptus biomass for energy on wood availability for eucalyptus forest in Portugal: a simulation study. *Ecol. Soc.* 17(2): 2-14.

Beauchemin, P., Tampier, M., (2008). Emissions from Wood-Fired Combustion Equipment, Envirochem Services Inc., North Vancouver, B.C. Disponibile on line:  
[http://www.env.gov.bc.ca/epd/industrial/pulp\\_paper\\_lumber/pdf/emissions\\_report\\_08.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/epd/industrial/pulp_paper_lumber/pdf/emissions_report_08.pdf) (accesso 26.02.2014)

Belassen, V., Viovy, N., Luysaert, S., Le Maire, G., Schelhass, M.J., Ciais, P., (2011). Reconstruction and attribution of the carbon sink of European forest between 1950 and 2000. *Glob. Chang. Biol.* 17(11), 3274-3292.

Benessaiah, K., (2012). Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets. *Ecol. Econ.* 77, 1-6.

Böhm, S., Brei, V. (2008). Marketing the hegemony of development: of pulp fictions and greendeserts. *Marketing Theory*, Vol. 8, pp.339–366.

Bourdeau, P., Treshow, M., (1978). Ecosystem Response to Pollution. In : Butler, G (Ed.) *Principle of Ecotoxicology*, pp 313-330. JOHN WILEY & SONS ISBN 0471996386. Disponibile on-line:  
[http://dge.stanford.edu/SCOPE/SCOPE\\_12/SCOPE\\_12\\_4.1\\_chapter15\\_313-330.pdf](http://dge.stanford.edu/SCOPE/SCOPE_12/SCOPE_12_4.1_chapter15_313-330.pdf) (accesso 26.02.2014)

Booth, B., Dunstone, N., Halloran, P., Andrews, T., Bellouin, N., (2012). Aerosols implicated as a prime driver of twentieth-century North Atlantic climate variability. *Nature*, Vol. 484, pp.228–232.

Borrás, E., Ródenas, M., Dieguez, J., Pérez-García, M., Lomba, R., Lavín, J. and Tortajada- Genaro, L., (2012). Development of a gas chromatography – mass spectrometry method for the determination of carbon disulfide in the atmosphere. *Microchemical Journal*, Vol. 101, pp.37–42.

Böttcher, H., Freibauer, A., Obersteiner, M., Schulze, E.D., (2008). Uncertainty analysis of climate change mitigation options in the forestry sector using a generic carbon budget model. *Ecol. Model.* 213, 45-62

Boyd, E., Hultman, N., Roberts, J.T., Corbera, E., Cole, J., Bozmoski, A., Ebeling, J., Tippman, R., Mann, P., Brown, K., Liverman, D.M., (2009). Reforming the CDM for sustainable development: lessons learned and policy futures. *Environ. Sci. Policy* 12, 820-831.

Bowen, F., Wittneben, B., (2011). Carbon accounting: negotiating accuracy , consistency and certainty across organizational fields. *Accounting, Auditing & Accountability Journal.* 24, 1022-1036

Bracelpa, (2008). Brazilian Pulp and Paper Planted Forests Carbon Sequestration, pp.1–36. Available online at: Disponibile on-line: [http://www.forestworks.com.au/multi\\_versions/5593/FileName/Elizabeth%20de%20Carvalhaes%20-%203.30pm%20-%20Tues.pdf](http://www.forestworks.com.au/multi_versions/5593/FileName/Elizabeth%20de%20Carvalhaes%20-%203.30pm%20-%20Tues.pdf) (accesso 26.02.2014)

Bracelpa, (2009). The Pulp and Paper Segment will Negotiate Carbon Credits from its Forestry Base at the COP 15 pp.1–4. Disponibile on-line: [www.bracelpa.org.br/eng/releases/cop15.pdf](http://www.bracelpa.org.br/eng/releases/cop15.pdf) (accesso 26.02.2014)

Cadman, S. (2008). Defining Forests Under the Kyoto Protocol: A Way Forward, pp.1–4. Disponibile on-line: [http://unfccc.int/files/methods\\_science/redd/application/pdf/seancadman1\\_12nov08.pdf](http://unfccc.int/files/methods_science/redd/application/pdf/seancadman1_12nov08.pdf)

CANFOR, (2011). Annual Information Form, Canfor Pulp Products Inc. Disponibile on-line: [http://www.canforpulp.com/resources/investors/annuals/A110211\\_CPPI\\_2011\\_AIF.pdf](http://www.canforpulp.com/resources/investors/annuals/A110211_CPPI_2011_AIF.pdf) (accesso 26.02.2014)

Cañón De Francia, J., Garcés-Ayerbe, C., Ramírez-Alesón, M., (2007). Are more innovative Firms Less Vulnerable to New Environmental Regulations? *Environmental & Resource Economics.* 36:295-311

Cantarello, E., Newton, A.C., Hill, R.A., (2011). Potential effect of future land-use change on regional carbon stock in the UK. *Environ. Sci. Policy* 14(1), 40-52.

Cardoso, M., de Oliveira, E., Passos, M., (2009) . Chemical composition and physical properties of black liquors and their effects on liquor recovery operation in Brazilian pulp mills. *Fuel*, Vol. 88, pp.756–763.

CEPI, (2011). European Pulp and Paper Industry. Disponibile on-line:  
<http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/statistics/Key%20Statistics%202011%20FINAL.pdf> (accesso 26.02.2014)

CEPI, (2012). Key Statistics 2011. Confederation of European Paper Industries Disponibile on-line:  
<http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/statistics/Key%20Statistics%202011%20FINAL.pdf> (accesso 26.02.2014)

Ciasullo, R., Conti, M.E. (2013). Direttiva IPPC-IED ed il problema dell'implementazione delle BAT nell' Unione Europea. *Periodico di politica scienza e tecnica, Verde Ambiente*, Anno XXIX, N. 3. ISSN 1122-6102

Ciccarese, L., (2008). Foreste e politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici: quali opportunità di mercato per i proprietari forestali? In: *Atti del "Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura"*. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008, pp. 1034-1039.

CIFOR, (2011). New round of pulp and paper expansion in Indonesia: What do we know and what do we need to know?" Center for International Forestry Research. Disponibile on-line:  
[http://blog.cifor.org/2905/new-round-of-pulp-and-paper-expansion-in-indonesiawhat-do-we-know-and-what-do-we-need-to-know#.UmpiZ\\_kz2zw](http://blog.cifor.org/2905/new-round-of-pulp-and-paper-expansion-in-indonesiawhat-do-we-know-and-what-do-we-need-to-know#.UmpiZ_kz2zw) (accesso 26.02.2014)

Chandrasekaran, S.R., Laing, J.R., Holsen, T.M., Raja, S., Hopke, P.K., (2011). Emission characterization and efficiency measurements of high-efficiency wood boilers. *Energ. Fuel.* 25(11), 5015–5021. doi: 10.1021/ef2012563

Chang, S.J., Gadow, K.V., (2010). Application of the generalized Faustmann model to uneven-age forest management. *J. Forest Econ.* 16, 313-325

Chen, G.Q., Zhang, B., (2010). Greenhouse gas emissions in China 2007. *Energy Policy*, Vol. 38, pp.6180–6193.

Chiabai, A., Travisi, C.M., Markandya, A., Ding, H., Nunes, P.A.L.D., (2011). Economic Assessment of Forest Ecosystem Services Losses: Cost of Policy Inaction. *Environ. Resource Econ.* 50: 405-445.

China, (2004). The People's Republic of China Initial National Communication on Climate Change, Executive Summary. Disponibile on-line: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/chnnclexsum.pdf> (accesso 26.02.2014)

China, (2005). China's View on Future Climate Change Negotiation and Measures to Address Climate Change. Disponibile on-line: [http://unfccc.int/files/meetings/seminar/application/pdf/sem\\_pre\\_china.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/seminar/application/pdf/sem_pre_china.pdf) (accesso 26.02.2014)

Cikankowitz, A., Laforest, V., (2012). Using BAT performance as an evaluation method of techniques. *Journal of Cleaner Production.* 42:141-158

Climatico Analysis (2011). Disappointment as Canada Says it will Withdraw from the Kyoto Protocol. Disponibile on-line: <http://www.climaticoanalysis.org/post/disappointment-ascanada-says-it-will-withdraw-from-the-kyoto-protocol/> (accesso 26.02.2014)

Campanella, L., Conti, M.E., (2010). L'ambiente conoscerlo e proteggerlo. Percorsi di chimica ambientale. Carocci Faber. ISBN 978-88-7466-602-7

Custers, P., (2011). Global CO2 Emissions Reach a New Record high. Disponibile on-line: <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=56030> (accesso 26.02.2014)

Dai, L., Korolev, K., Gore, J., (2013). Slower recovery in space before collapse of connected populations. *Nature* 496:355-359. doi:10.1038/nature12071

Daigneault, A.J., Miranda, M.J., Sohngen, B., (2010). Optimal Forest Management with Carbon Sequestration Credits and Endogenous Fire Risk. *Land Econ.* 86(1):155-172.

Dean, C., Wardell-Johnson, G.W., Kirkpatrick, J.B., (2012). Are there any circumstances in which logging primary wet-eucalypt forest will not add to the global carbon burden? *Agr. Forest Meteorol.* 161(15): 156-169.

Deegen, P., Hostettler, M., Navarro, G.A., (2011). The Faustmann model as a model for a forestry of prices. *Eur. J. Forest Res.* 130(3): 353-368

DEFRA , (2008). Assessment of the Implementation of the IPPC Directive in the UK. Disponibile on-line:

<http://archive.defra.gov.uk/environment/quality/pollution/ppc/background/documents/implementation-study.pdf> (accesso 26.02.2014)

de Moraes Gonçalves, J.L., Alcarde Alvares, C., Rioyei Higa, A., Duque Silva, L, Couto Alfenas, A., Stahl, J., de Barros Ferraz, S.F., de Paula Lima, W., Santin Brancalion, P.H., Hubner, A., Daniel Bouillet, J.P., Laclau, J.P., Nouvellon, Y., Epron, D., (2013). Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. *Forest Ecol. Manag.* 301: 6-27.

Depro, B.M., Murray, B.C., Alig, R.J., Shanks, A., (2008). Public land, timber harvests, and climate mitigation: Quantifying carbon sequestration potential on U.S. public timberlands. *Forest Ecol. Manag.* 255: 1122-1134.

Dijkmans, R., (2000). Methodology for selection of the best available techniques (BAT) at the sector level. *Journal of Cleaner Production.* 8: 11-21

Dockery, D.W., (2009) . Health Effect of Particulate Air Pollution . *Annals of Epidemiology.* 19(4): 257-263.

Dudek, D.J., Wiener, J.B., (1996). Joint Implementation, Transaction Costs, and Climate Change. OCDE/GD (96)173. Organization For Economic Co-Operation And Development. Disponibile on-line:

<http://www.oecd.org/environment/cc/2392058.pdf>. (accesso 26.02.2014)

DOER, (2012). Biomass Energy Rulemaking, Proposed Final Regulation, Renewable Energy Portfolio Standard (RPS) Regulation 225 CMR 14.00, Massachusetts Department of Energy Resources. Disponibile on-line:

<http://www.mass.gov/eea/docs/doer/renewables/biomass/225-cmr-14-00-proposed-final-reg-clean-copy.pdf>

(accesso 26.02.2014)

EcoMetrix, (2007). Botnia, S.A. Orión Pulp Mill, Uruguay, Independent Performance Monitoring, as required by the International Finance Corporation. Phase 1: Pre Commissioning Review, International Finance Corporation, World Bank, pp.1–8. Disponibile on-line: [http://www.ifc.org/ifcext/disclosure.nsf/content/Uruguay\\_Orion\\_EcoMetrix\\_Report](http://www.ifc.org/ifcext/disclosure.nsf/content/Uruguay_Orion_EcoMetrix_Report) (accesso 26.02.2014)

EcoMetrix, (2009). Botnia, S.A. Orión Pulp Mill, Uruguay, Independent Performance Monitoring, as Required by the International Finance Corporation. Phase 3: Environmental Performance Review 2008 Monitoring Year, International Finance Corporation, World Bank, pp.1–87. Disponibile on-line: [http://www.ifc.org/ifcext/disclosure.nsf/content/Uruguay\\_Pulp\\_Mills](http://www.ifc.org/ifcext/disclosure.nsf/content/Uruguay_Pulp_Mills) (accesso 26.02.2014)

EcoMetrix,(2010). UPM SA. Orion Pulp Mill, Uruguay Independent Performance Monitoring as required by the International Finance Corporation. Environmental Performance Review, 2009 Monitoring Year”. Disponibile on-line: <http://www.upm.com/uy/planta/medio-ambiente/estudios/estudios-independientes/Documents/EcoMetrix%20%20Environmental%20Performance%20Review%20-%202009%20Monitoring%20Year%20-%20Phase%204%20-%20English%20-%20UPM%20Fray%20Bentos.pdf> (accesso 26.02.2014)

Ellison, D., Lundblad, M., Petersson, H., (2011). Carbon accounting and the climate politics of forestry. Environ. Sci. Policy 14(8):1062-1078.

EEA, (2007) . EN26 Total Energy Consumption by Fuel. Disponibile on-line: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/en26-total-energy-consumption-by-fuel/> (accesso 26.02.2014)

EEA, (2012). Many Europeans are still exposed to harmful air pollutants. Disponibile on-line: <http://www.eea.europa.eu/it/pressroom/newsreleases/multi-europeisono-ancora-esposti> (accesso 26.02.2014)

EEA, (2013a). Air quality in Europe – 2013 report. Disponibile on-line: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013> (accesso 26.02.2014)

EEA, (2013b). Every breath we take. Disponibile on-line: <http://www.eea.europa.eu/signals/signals-2013/articles/every-breath-we-take> (accesso 26.02.2014)

EEA, (2013c). Environmental Indicators Report 2013. Natural resources and human well-being in a green economy. Disponibile on-line: <http://www.eea.europa.eu/publications/environmental-indicator-report-2013> (accesso 26.02.2014)

EEA, (2013d). European Union emission inventory report 1990–2011 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). ISBN 978-92-9213-400-6; ISSN 1725-2237; doi:10.2800/44480

EEA, (2013e). Reducing air pollution from electricity-generating large combustion plants in the European Union. ISBN 978-92-9213-398-6; ISSN 1725-2237, doi:10.2800/92476

EEA, (2013f). Air pollution. Disponibile on-line: <http://www.eea.europa.eu/themes/air/intro> (accesso 26.02.2014)

ENEA, (2012a). La green economy nel panorama delle strategie internazionali. A cura di Erika Mancuso e Roberto Morabito. Disponibile on-line: <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-eai/speciale-green-economy/greeneconomy.pdf> (accesso 26.02.2014)

ENEA, (2012b). Sostenibilità dei sistemi produttivi. Strumenti Tecnologici verso la green Economy . A cura di Laura Cutaia e Roberto Morabito . pp. 352 Disponibile on-line: <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/edizioni-enea/2012/sostenibilita-sistemi-produttivi> (accesso 26.02.2014)

ENEA, (2012c). La dimensione economica delle tecnologie ambientali nell'ambito della green economy . A cura di Mario Jorizzo. Disponibile on-line: <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/EAI/anno-2012/verso-la-green-economy/la-dimensione-economica-delle-tecnologie-ambientali-nell2019ambito-della-green-economy> (accesso 26.02.2014)

ENEA, (2012d). Eco-innovazione dei processi industriali. A cura di Pasquale Spezzano. Disponibile on-line:

<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-eai/speciale-green-economy/Processiindustriali.pdf>

(accesso 26.02.2014)

EPA, (1978). Government Ban on Fluorocarbon Gases in Aerosol Products Begins, 15 October. Disponibile on-line:

<http://www.epa.gov/aboutepa/history/topics/ozone/01.html>

(accesso 26.02.2014)

EPA, (2010). Climate Change Science Facts, United States Environmental Protection Agency. Disponibile on-line:

<http://www.epa.gov/climatechange/basicinfo.html> (accesso 26.02.2014)

E-PRTR, (2013). The European Pollutant Release and Transfer Register. New (2011) and corrected data (2007-2010) in E-PRTR. Pollutant Releases. Disponibile on-line:

<http://prtr.ec.europa.eu/PollutantReleases.aspx> (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2006). Guidance Document for the implementation of the European PRTR. Disponibile on-line:

[http://prtr.ec.europa.eu/docs/EN\\_E\\_PRTR\\_fin.pdf](http://prtr.ec.europa.eu/docs/EN_E_PRTR_fin.pdf) (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2007). Environment: Commission takes steps to cut industrial emissions further. Disponibile on-line:

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-07-1985\\_en.doc](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-07-1985_en.doc) (accesso

26.02.2014)

European Commission, (2009). European Industry in a Changing World Updated Sectoral Overview 2009. Disponibile on-line

[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/metalsminerals/files/eur-ind-sec2009-1111\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/metalsminerals/files/eur-ind-sec2009-1111_en.pdf) (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2010). Report from the Commission on the implementation of Directive 2008/1/EC concerning integrated pollution prevention and control and Directive 1999/13/EC on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations. Disponibile on-line:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52010DC0593:EN:NOT> (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2011a): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Rio+20: towards the green economy and better governance. Disponibile on-line:

[http://ec.europa.eu/environment/international\\_issues/pdf/rio/com\\_2011\\_363\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/international_issues/pdf/rio/com_2011_363_en.pdf) (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2011b). EU industrial structure 2011. Trends and Performance. ISBN 978-92-79-20733-4; ISSN 1831-3043; doi:10.2769/28487

European Commission, (2012a). Ambiente: una migliore applicazione della normativa per ridurre i costi e migliorare l'ambiente. Disponibile on-line: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-12-220\\_it.htm?locale=FR](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-220_it.htm?locale=FR) (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2012b). Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Contabilizzare l'uso del suolo, i cambiamenti di uso del suolo e la silvicoltura negli impegni dell'Unione nell'ambito della lotta ai cambiamenti climatici /\* COM/2012/094 final\*/. Disponibile on-line <http://eurlex.europa.eu/Result.do?direct=yes&lang=it&where=EUROVOC%3A004362&whereihm=EUROVOC%3Asistema+de+contabilidad> (accesso 26.02.2014).

European Commission, (2012c). Industrial Emissions. Prevention and control of industrial emission. Disponibile on-line:

<http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/index.htm> (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2012d). Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale Europeo e al comitato delle Regioni. Un' industria europea più forte per la crescita e la ripresa economica. Disponibile on-line: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0582:FIN:it:PDF> (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2013a). RELAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO E AL CONSIGLIO Relazione della Commissione sui riesami effettuati ai sensi dell'articolo 30, paragrafo 9, e dell'articolo 73 della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali, sulle emissioni derivanti dall'allevamento intensivo e dagli impianti di combustione. Disponibile on-line: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0286:FIN:IT:PDF> (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2013b). Environment: European Commission urges Italy to bring a steel plant in Taranto up to environmental standards. Disponibile on-line: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-866\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-866_en.htm) (accesso 26.02.2014)

European Commission, (2014). The EU Emissions Trading System (EU ETS). Disponibile on-line: [http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm) (accesso 26.02.2014)

European Commission - DG Environment, 2009. Monitoring Permitting Progress for Existing IPPC Installations. Disponibile on-line: [http://forum.eionet.europa.eu/x\\_reporting\\_guidelines/library/ippc/ippc\\_permitting/monitoring\\_09076i3pdf](http://forum.eionet.europa.eu/x_reporting_guidelines/library/ippc/ippc_permitting/monitoring_09076i3pdf) (accesso 26.02.2014)

European Parliament, (2006). Regulation (Ec) No 166/2006 Of The European Parliament And Of The Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC. Disponibile on-line: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:033:0001:0017:EN:PDF> (accesso 26.02.2014)

European Union, (1996). Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. In: Official Journal L 257, pp. 26-40 . Disponibile on-line  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0061:en:HTML> (accesso 26.02.2014)

European Union, (2004). Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004, on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage. In: Official Journal of the European Union, L 143/56. Disponibile on-line:  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:143:0056:0075:EN:PDF> (accesso 26.02.2014)

European Union, (2007). Environment: Commission takes steps to cut industrial emissions further. Disponibile on-line: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-07-1985\\_en.doc](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-07-1985_en.doc) (accesso 26.02.2014)

European Union, (2008a). Directive 2008/99/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008, on the protection of the environment through criminal law. In: Official Journal of the European Union, L 328/28. Disponibile on line:  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:328:0028:0037:EN:PDF> (accesso 26.02.2014)

European Union, (2008b). Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008, concerning integrated pollution prevention and control. In: Official Journal of the European Union, L 24/8  
Disponibile on-line:  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:024:0008:0029:en:PDF> (accesso 26.02.2014)

European Union, (2010a) COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO E AL CONSIGLIO Verso un quadro rafforzato di sorveglianza del mercato per il sistema di scambio delle quote di emissioni dell'Unione europea /\* COM/2010/0796 def. \*/. Disponibile on-line:  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0796:FIN:IT:HTML> (accesso 26.02.2014)

European Union, (2010b). Directive 2010/75/EC of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010, on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Disponibile on-line:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:EN:PDF> (accesso 26.02.2014)

European Union, (2011a). Integrated pollution prevention and control (until 2013). Disponibile on-line:

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/waste\\_management/128045\\_it.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/128045_it.htm) (accesso 26.02.2014)

European Union, (2011b). European Pollutant Release and Transfer Register (PRTR). Disponibile on line:

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/general\\_provisions/128149\\_it.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/general_provisions/128149_it.htm) (accesso 26.02.2014)

European Union, (2013). DECISION No 529/2013/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Accounting rules on greenhouse gas emission and removal resulting from activities relating to land use, land use change and forestry and on information concerning actions to those activities. Official Journal of the European Union. Disponibile on-line:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:165:0080:0097:EN:P> DF (accesso 26.02.2014)

Eurostat, (2012). Energy, transport and environment indicators. Eurostat Pocketbooks. ISBN 978-92-79-26596-9; ISSN 1725-4566; doi:10.2785/19616; Cat. No KS-DK-12-001-EN-C. Disponibile on line:

<http://www.eds-destatis.de/downloads/publ/KS-DK-12-001-EN-N.pdf> (accesso 26.02.2014)

Eurostat, (2013a). Eurobase Air pollution, Code: env\_air\_emis.xls.

Disponibile on line:

[http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_air\\_emis&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_air_emis&lang=en) and

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Air\\_pollution\\_statistics#](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Air_pollution_statistics#) (accesso 26.02.2014)

Eurostat, (2013b). Eurobase Energy intensity of the economy and final energy consumption by sector. Disponibile on-line:

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main\\_tables](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables)

(accesso 26.02.2014)

Eurostat Health, (2009a). Eurostat. Statistics in focus\_63/2009. ISSN 1977-0316 Catalogue number: KS-SF-09-063-EN-N.

Eurostat Health, (2009b). Health and safety at work statistics. Disponibile on line:[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Health\\_and\\_safety\\_at\\_work\\_statistics](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Health_and_safety_at_work_statistics) (accesso 26.02.2014)

Eyles, A., Barry, K.M., Quentin, A., Pinkard, E.A., (2013). Impact of defoliation in temperate eucalypt plantations: Physiological perspectives and management implications. *Forest Ecol. Manag.* 304(15):49-64.

FAO, (1997). Trends in forest management and utilization. FAO, State of the World's Forests. Disponibile on-line:

<http://www.fao.org/docrep/w4345e/w4345e04.htm> (accesso 26.02.2014)

FAO, (2010). Impact of the Global Forest Industry on Atmospheric Greenhouse Gases, Michael Martin, Director, Forest Economics and Policy Division Forestry Department, FAO. Disponibile on-line:

<http://www.fao.org/docrep/012/i1580e/i1580e00.htm>

(accesso 26.02.2014)

FAO, (2011). FAO Outlook Study on Sustainable Forest Industries: Opening Pathways to Low- Carbon Economy, Mr. Jukka Tissari, Forestry Officer, FAO Forestry Department. FAO, 52nd Session Advisory Committee on Paper and Wood Products (ACPWP), Item 5, 23–25 May, Montebello, Canada.

Disponibile on-line: <http://www.fao.org/forestry/industries/9530/en/>

(accesso 26.02.2014)

Finanza Aperta, (2009). Strumenti derivati. Disponibile on line:

<http://www.finanza-aperta.it/index.php/analisi/strumenti-derivati/menu-id-184.htm> (accesso 26.02.2014)

Fiorense, G., Guariso, G., (2013). Modeling the role of forest in a regional carbon mitigation plan. *Renew. Energ.* 52:175-182.

Fletcher, S., Parker, L., (2007). Climate Change: The Kyoto Protocol and International Actions CRS for US Congress, pp.1–17. Disponibile on-line: <http://fpc.state.gov/documents/organization/80734.pdf> (accesso 26.02.2014)

Galik, C.S., Cooley, D.M., Baker, J.S., (2012). Analysis of the production and transaction costs of forest carbon offset projects in the USA. *J. Environ. Manage.* 112(15):128-136.

Galik, C.S., Cooley, D.M., (2012). What makes carbon works? A sensitivity analysis of factors affecting forest offset viability. *Forest Sci.* 58(2):540-548.

Gargiulo, G., (2010). La porta di Titò. Il varco che condurrà le imprese verso una nuova eccellenza. Alfredo Guida Editore – Napoli – ISBN 978-88-6042-293-4

Garnaut, R., (2011). Garnaut Climate Change Review – Update 2011 – Australia in the Global Response to Climate Change, Cambridge University Press, pp.1–244.

Gerber, J.F., (2011). Conflicts over industrial tree plantations in the South: Who, how and why ?. *Global Environ. Change* 21(1):165-176.

GSE, (2013). Il Sistema EU-ETS. Disponibile on-line: [http://www.gse.it/it/Gas%20e%20servizi%20energetici/Aste%20CO2/Sistema EU-ETS/Pagine/default.aspx](http://www.gse.it/it/Gas%20e%20servizi%20energetici/Aste%20CO2/Sistema%20EU-ETS/Pagine/default.aspx) (accesso 26.02.2014)

Gillenwater, M., Broekhoff, D., Trexler, M., Hyman, J., Fowler, R., (2007). Policing the voluntary carbon market. *Nature Report Climate Change* 6, 85-87. doi:10.1038/climate.2007.58

Giner-Santonja, G., Aragonés-Beltrán, P., Niclós-Ferragut, J., (2012). The application of the analytic network process to the assessment of the best available techniques. *Journal of Cleaner Production.* 25:86-95.

Gren, I.M., Carlsson, M., Elofsson, K., Munnich, M., (2012). Stochastic carbon sinks for combating carbon dioxide emission in the EU. *Energ. Econ.* 34(5):1523-1531.

Goovaerts, L., Alaerts, K., Nelen, D., Vanderreydt, I., (2011). Analysis of the reports submitted by Member States on the implementation of Directive 2008/1/EC, Directive 2000/76/EC, Directive 1999/13/EC and further development of the web platform to publish the information. Disponibile on - line:<http://iris.eionet.europa.eu/assets/downloads/Final-Report-WID-24032011.pdf> (accesso 26.02.2014)

Halone, J.I., Lanki, T., Yli-Tuomi, T., Tiittanen, P., Kulmala, M., Pekkanen, J., (2009). Particular Air pollution and acute cardiorespiratory hospital admission and mortality among the elderly. *Epidemiology*. 20:143-153.

Hamilton, K., Sjardin, M., Peters-Stanley, M., Marcello, T., (2010). Building Bridges: State of the Voluntary Carbon Markets 2010. Ecosystem Marketplace and Bloomberg New Energy Finance. Disponibile on-line: [http://moderncms.ecosystemmarketplace.com/repository/moderncms\\_documents/state\\_of\\_v\\_carbon\\_2010\\_0614.pdf](http://moderncms.ecosystemmarketplace.com/repository/moderncms_documents/state_of_v_carbon_2010_0614.pdf) (accesso 26.02.2014)

Hammons, T.J., (2006). Impact of electric power generation on greenhouse gas emissions in Europe: Russia, Greece, Italy and views of the EU power plant supply industry – a critical analysis. *International Journal of Electrical Power Energy Systems*, Vol. 28, No. 8, pp.548–564.

Harper, R.J., Okom, A.E.A., Stilwell, A.T., Tibbett, M., Dean, C., George, S.J., Sochacki, S.J., Mitchell, C.D., Mann, S.S., Dods, K., (2012). Reforesting degraded agricultural landscape with *Eucalypts*: Effect on carbon storage and soil fertility after 26 year. *Agr. Ecosyst. Environ.* 163(1):3-13.

Haupt, F., (2011). Wood Energy: Greenhouse Gas Intensity of Biomass Cultivation/Collection FAO, 52nd Session Advisory Committee on Paper and Wood Products (ACPWP), Item 7, 23 May, Montebello, Canada. Disponibile on-line: <http://www.fao.org/forestry/industries/9530/en/> (accesso 26.02.2014)

Hedenus, F., Azar, C., (2009). Bioenergy plantations or long-term carbon sink? – A model based analysis. *Biomass Bioenerg.* 33(12): 1693-1702

Helbing, D., (2013). Globally networked risks and how to respond. *Nature* 497: 51-59. doi: 10.1038/nature12047

Hopwood, A.G., (2009). Accounting and the environment. *Account Org. Soc.* 34:433-439.

IEA, (2010a). Key World Energy Statistics, International Energy Agency, pp.47–57. Disponibile on-line: [http://www.iea.org/publications/free\\_new\\_Desc.asp?PUBS\\_ID=1199](http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1199) (accesso 26.02.2014)

IEA, (2010b). CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights, International Energy Agency, pp.6–32. Disponibile on-line: <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf> (accesso 26.02.2014)

Iinuma, Y., Böge, O., Gräfe, R., Herrmann, H., (2010). Methyl-nitrocatechols: atmospheric tracer compounds for biomass burning secondary organic aerosols. Environmental Science & Technology. Vol. 44, pp.8453–8459.

India, (2010). Speech by Mr. J. Ramesh, Minister of Environment and Forests, India, Leader of Indian Delegation, Conference of Parties to the UNFCCC (COP-16), Cancun (Mexico). Disponibile on-line: [http://unfccc.int/files/meetings/cop\\_16/statements/application/pdf/101209\\_cop\\_16\\_hls\\_india.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_16/statements/application/pdf/101209_cop_16_hls_india.pdf) (accesso 26.02.2014)

IPCC, (2003). The Good Practice Guidance for Land use, Land-use Change and Forestry, pp.1–632. Disponibile on-line: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html> (accesso 26.02.2014)

IPCC, (2006). Eggleston W.D., Buendia L., Miwa K., Ngara, T., Tanabe, K., (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IGES, Japan (2006) Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.

IPCC, (2007). Greenhouse Gas Emission Trends. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Disponibile on-line: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/spmsspmb.Html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/spmsspmb.Html) (accesso 26.02.2014)

Jawjit, W., Kroeze, C., Soontaranun, W., Hordijk, L., (2006). An analysis of the environmental pressure exerted by the eucalyptus-based Kraft pulp industry in Thailand. Environment, Development and Sustainability, Vol. 8, No. 2, pp. 289–311.

Knoke, T., Steinbeis, O.E., Bösch, M., Román-Cuesta, R.M., Burkhardt, T., (2011). Cost-effective compensation to avoid carbon emission from forest loss: An approach to consider price-quantity effects and risk-aversion. *Ecol. Econ.* 70(6):1139-1153.

Krewski, D., (2009). Evaluating the Effects of Ambient Air Pollution on Life Expectancy. *The New England Journal of Medicine.* 360:413-415.

Köthke, M., Dieter, M., (2010). Effects of carbon sequestration rewards on forest management – An empirical application of adjusted Faustmann Formulae. *Forest Policy Econ.* 12(8):589-597.

Kosoy, A., Ambrosi, P., (2010). State and Trends of the Carbon Market. Carbon Finance, World Bank, Washington, DC.

Kröger, M., (2012). The Expansion of Industrial Tree Plantations and Dispossession in Brazil. *Dev. Change* 43(4): 947-973.  
doi: 10.1111/j.1467-7660.2012.01787.x

Kröger, M., (2013). Grievances, agency and the absence of conflict: The new Suzano pulp investment in the Eastern Amazon. *Forest Policy Econ* 33:28-35.

Krug, J., Koehl, M., Riedel, T., Bormann, K., Rueter, S., Elsasser, P., (2009). Options for accounting carbon sequestration in German forest. *Carbon Balance and Management* 4, 5. doi:10.1186/1750-0680-4-5

Kurz, W.A., Stinson, G., Rampley, G.J., Dymond, C.C., Neilson, E.T., (2008). Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada's forest to the global carbon cycle highly uncertain. *PNAS* 105(5), 1551-1555.

Lang, C., (1996) . Globalization of the pulp and paper industry. Master thesis, Oxford University. Disponibile on line:  
<http://wrn.org.uy/plantations/information/Lang.html>

Lang, C., (2008). Plantations, Poverty and Power: Europe's role in the expansion of the pulp industry in the South, pp.6–22. Disponibile on-line:  
[http://www.wrm.org.uy/publications/Plantations\\_Poverty\\_Power.pdf](http://www.wrm.org.uy/publications/Plantations_Poverty_Power.pdf)  
(accesso 26.02.2014)

Lee, W.J., Teschke, K., Kauppinen, T., Andersen, A., Jäppinen, P., Szadkowska- Stanczyk, I., Pearce, N., Persson, B., Bergeret, A., Facchini, L.A., Kishi, R., Kielkowski, D., Rix, B.A., Henneberger, P., Sunyer, J., Colin, D., Kogevinas, M., Boffetta, P., (2002). Mortality from Lung Cancer in Workers Exposed to Sulfur Dioxide in the Pulp and Paper Industry. *Environ Health Perspective*. 110: 991-995.

Lee, C.M., Lazarus, M., Smith, G.R., Todd, K., Weitz, M., (2013). A ton is not always a ton: A road-test of handfill, manure, and afforestation/reforestation offset protocols in the U.S. carbon market. *Environ. Scie. Policy* 33, 53-62.

Lin, J., Pan, D., Davis, S.J., Zhang, Q., He, K., Wang, C., Streets, D.G., Wuebbles, D.J., Guan, D., (2013). China's international trade and air pollution in the United States. *PNAS* doi /10.1073/pnas.1312860111. Disponibile on-line: <http://www.pnas.org/content/early/2014/01/16/1312860111.full.pdf+html>

Lohmann, L., (1994). Freedom to Plant, Southeast Asia and the Globalization of the Pulp and Paper Industry. Paper presented at ASEASUK conference, London University. Disponibile on-line: <http://www.thecornerhouse.org.uk/item.shtml?x=52210> (accesso 26.02.2014)

Löndahl, J., Swietlicki, E., Pagels, J., Massling, A., Boman, C., Rissler, J., Blomberg, A., Sandström, T., (2009). Respiratory tract deposition of particles from biomass combustion. *Journal of Physics: Conference Series* 151. Disponibile on-line: [http://iopscience.iop.org/1742-6596/151/1/012066/pdf/1742-6596\\_151\\_1\\_012066.pdf](http://iopscience.iop.org/1742-6596/151/1/012066/pdf/1742-6596_151_1_012066.pdf) (accesso 26.02.2014)

López-Abente, G., Fernández-Navarro, P., Boldo, E., Ramis, R., García-Pérez J. G., (2012). Industrial pollution and pleural cancer mortality in Spain. *Science of the Total Environmental*. 424, 57-62.

López-Gamero, M.D., Claver-Cortés, E., Molina-Azorín, J.F., (2009). Evaluating environmental regulation in Spain using process control and preventive techniques. *European Journal of Operational Research*. 195(2):497-518.

López-Gamero, M.D., Molina-Azorín, J.F., Claver-Cortés, E., (2010). The potential of environmental regulation to change managerial perception, environmental management, competitiveness and financial performance. *Journal of Cleaner Production*. 18: 963-974.

Lumicisi, A., Federici, S., (2007) : Il negoziato sulla valorizzazione delle foreste italiane. *Alberi e Territorio*. 4 (1): 30-33.

Mastropietro, R., (2008). Electrostatic Precipitator Rebuild Strategies For Improved Particulate Emissions. LODGE-COTTRELL INC.

[http://www.marama.org/calendar/events/presentations/2008\\_08ControlTech/Mastropietro\\_ControlTech08.pdf](http://www.marama.org/calendar/events/presentations/2008_08ControlTech/Mastropietro_ControlTech08.pdf) (accessed 26.02.2014)

Magnani, F., Mencuccini, M., Borghetti, M., Berbigier, P., Berninger, F., Delzon, S., Grelle, A., Hari, P., Jarvis, P.G., Kolari, P., Kowalski, A.S., Lankreijer, H., Law, B.E., Lindroth, A., Loustau, D., Manca, G., Moncrieff, J.B., Rayment, M., Tedeschi, V., Valentini, R., Grace, J., (2007). The human footprint in the carbon cycle of temperate and boreal forests. *Nature* 447:849-851; doi:10.1038/nature05847

Manley, B., (2013). How does real option value compare with Faustmann value in the context of the New Zealand Emission Trading Scheme? *Forest Policy Econ*. 30:14-22.

Matta, E., (2009). The pollution load caused by ECF Kraft mills, Botnia-Uruguay: first six months of operation. *International Journal of Environment and Health*. Vol. 3, pp.139–174.

Metsäranta, J.M., Kurz, W.A., Neilson, E.T., Stinson, G., (2010). Implication of future disturbance regimes on the carbon balance of Canada's managed forest (2010-2100). *Tellus* 62(5):719-728. doi: 10.1111/j.1600-0889.2010.00487.x

Mezzalana, G., (2007). Foreste e protocollo di Kyoto. *Alberi e Territorio*. 4 (1): 3-4.

Ministero dello Sviluppo Economico, (2012). Allocations of quotas by title holder: the system of Auctions. Available on-line.

[http://www.mise.gov.it/index.php?option=com\\_content&view=article&idarea1=0&idarea2=0&idarea3=0&idarea4=0&andor=AND&sectionid=0&andorcat=AND&partebassaType=0&idareaCalendario1=0&MvediT=1&showMenu=1&showCat=1&showArchiveNewsBotton=0&idmenu=3139&page=8&id=2022833&viewType=0](http://www.mise.gov.it/index.php?option=com_content&view=article&idarea1=0&idarea2=0&idarea3=0&idarea4=0&andor=AND&sectionid=0&andorcat=AND&partebassaType=0&idareaCalendario1=0&MvediT=1&showMenu=1&showCat=1&showArchiveNewsBotton=0&idmenu=3139&page=8&id=2022833&viewType=0) (accessed 26.02.2014)

Miola I.Z., (2010) . Between Strictness and Flexibility: How Law Enables the Globalization of the Pulp and Paper Industry. In *El Norte – Finnish Journal of Latin American Studies*

[http://www.elnorte.fi/archive/2010-5/2010\\_5\\_elnorte\\_miola.pdf](http://www.elnorte.fi/archive/2010-5/2010_5_elnorte_miola.pdf)  
(accessed 26.02.2014)

Mizrach, B., (2012). Integration of the carbon markets. *Energ. Econ* 34(1): 335-349.

Monge-Corella, M., García-Pérez, J., Aragonés, N., Pollán, M., Pérez-Gómez, B., López-Abente, G., (2008). Lung cancer mortality in town near paper, pulp and board industries in Spain: a point source pollution study. *BMC Public Health*. 8: 288. doi:10.1186/1471-2458-8-288

Nabuurs, G.J., Schelhaas, M.J., Pussinen, A., (2000). Validation of the European Forest Information Scenario Model (EFISCEN) and projection of Finnish forests. *Silva Fenn*. 34(2):167-179.

Nabuurs, G.J., Garza-Caligaris, J.F., Kanninen, M., Karjalainen, T., Lapveteläinen, T., Liski, J., Maser, O., Mohren, G.M.J., Olgín, M., Pussinen, A., Schelhaas, M.J., (2001). CO2FIX V2.0- Manual of a Model for Quantifying Carbon Sequestration in Forest Ecosystem and Wood Productus. ALTEIRA Report 445 Wageningen, The Netherlands.

Nabuurs, G., Maser, O., Andrasko, K., Benitez-Ponce, P., Boer, R., Dutschke, M., Elsidig, E., Ford-Robertson, J., Frumhoff, P., Karjalainen, T., Krankina, O., Kurz, W., Matsumoto, M., Oyhantcabal, W., Ravindranath, N., Sanz Sanchez, M., Zhang, X., (2007). Forestry. In: Metz, B., Davidson, O., Bosch, P., Dave, R., Meyer, L., (Eds), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University, Cambridge UK, pp. 541–584.

NCASI, (2005). Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Pulp and Paper Mills – Version 1.1, National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (USA). Disponibile on-line: <http://www.ncasi.org/support/downloads/Detail.aspx?id=3> (accesso 26.02.2014)

Nepal, P., Grala, R.K., Grebner, D.L., (2009). Financial feasibility of sequestering carbon for loblolly pine stands in Interior Flatwoods Region in Mississippi, in: Siry, J., Izlar, B., Bettinger, P., Harris, T., Tye, T., Baldwin, S., Merry, K., (Eds), Proceedings of the 2008 Southern Forest Economics Workers Annual Meeting, 2008 Mar 9-11; Savannah GA, Athens (GA): Center for Forest Business, Warnell School of Forestry and Natural Resources, University of Georgia. Center for forest Business Publication No.30

Nepal, P., Grala, R.K., Grebner, D.L., (2012). Financial feasibility of increasing carbon sequestration in harvested wood products in Mississippi. *Forest Policy Econ.* 14(1):99-106.

Nordstrom, C.J., (1975) . A stochastic model for the growth period decision in forestry. *Swed. J. Econ.* 77, 329-337.

Ohlström, M., Jokiniemi, J., Hokkinen, J, Makkonen, P., Tissari, J., (2006). Combating Particulate Emissions in Energy Generation and Industry. In: Herring, P., (Ed.), Views and Conclusions from the FINE Particles Technology. Environment and Health Technology Programme. ISBN 952-457-246-X.

Pajot, G., (2011). Rewarding carbon sequestration in South-Western French forests: A costly operation? *Journal of Forest Economics* 17: 363-377.

Pan, Y., Birdsey. R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D., (2011) : A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science.* 333: 988–993. Disponibile on-line: <http://www.sciencemag.org/content/333/6045/988> (accesso 26.02.2014)  
DOI: 10.1126/science.1201609

Paul, K.I., Reeson, A., Polglase, P., Crossman, N., Freudenberger, D., Hawkins, C., (2013). Economic and employment implications of a carbon market for integrated farm forestry and biodiverse environmental plantings. *Land Use Policy* 30 (1): 496-506.

Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., Foley, J.A., (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature* 438, 310-317.  
doi:10.1038/nature04188

Penale Contemporaneo, (2014). La proposta di legge di c.d. ecoreati passa all'esame dell'Aula della Camera. Disponibile on-line:  
<http://www.penalecontemporaneo.it/area/1-/-/7-/2740-la-proposta-di-legge-in-materia-di-c-d-ecoreati-passa-all-esame-dell-aula-della-camera/> (accesso 26.02.2014)

Pilli, R., Grassi, G., Kurz, W.A., Smyth, C.E., Blujdea, V., (2013). Application of the CBM-CFS model to estimate Italy's forest carbon budget, 1995-2020. *Ecol. Mod.* 266(24):144-171

Pirastu, R., Zona, A., Ancona, C., Bruno, C., Fano, V., Fazzo, L., Iavarone, I., Minichilli, F., Mitis, F., Pasetto, R., Comba, P., (2011). Risultati dell'analisi della mortalità nel Progetto SENTIERI. In: Pirastu, R., Iavarone, I., Pasetto, R., Zona, A., Comba, P., (Eds). *SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento*. *Epidemiol. Prev.* 35 (5-6), Suppl. 4:1-204.

Pita, G., Rodrigues, A., Mateus, J., Pereira, J., (2011). Reversing of seasonal patterns of carbon uptake in an eucalyptus stand in Portugal after drought and felling. *Forest System*. 23(3), 475-484. ISSN 2171-9845.

Peters-Stanley, M., Hamilton, K., Marcello, T., Sjardin, M., (2011). Back to the Future: State of Voluntary Carbon Market 2011. *Ecosystem Marketplace & Bloomberg New Energy Finance*. (June 2nd, 2011) Disponibile on-line  
<http://www.greenbiz.com/sites/default/files/state-voluntary-carbon-offsets-2011.pdf> (accesso 26.02.2014)

Peters-Stanley, M., Hamilton, K., Marcello, T., Orejas, R., Thiel, A., Yin, D., (2012a). Developing Dimension: State of the Voluntary Carbon Markets 2012. Disponibile on-line:

[http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/article.page.php?page\\_id=9070&section=news\\_articles&eod=1](http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/article.page.php?page_id=9070&section=news_articles&eod=1)

(accesso 26.02.2014)

Peters-Stanley, M., Hamilton, H., Yin, D., Castillo, S., Norman, M., (2012b). Leveraging the Landscape. State of the Forest Carbon Markets 2012, in: Forest Trends. Ecosystem Marketplace a Forest Trends Initiative. Disponibile on-line: [http://www.foresttrends.org/publication\\_details.php?publicationID=3242&gclid=CInpu4S5vbcCFclZ3godcmAAPw](http://www.foresttrends.org/publication_details.php?publicationID=3242&gclid=CInpu4S5vbcCFclZ3godcmAAPw)

(accesso 26.02.2014)

Polders, C., Van den Abeele, L., Derden, A., Huybrechts, D., (Eds) 2012. Methodology for determining emission level associated with the best available techniques for industrial waste water. Journal of Cleaner Production. 29(30): 113-121.

Pope, C.A., Ezzati, M., Dockery, D.W., (2009). Fine-particle air pollution and life expectancy in the United States . England Journal of Medicine. 360: 376-386.

Puppim de Oliveira, J.A., (2008). Property Rights, Land Conflicts and Deforestation in Eastern Amazonia. Forest Policy Econ. 10(5):303-15.

Ragauskas, A., Nagy, M., Kim, D., Eckert, C., Hallett, J., Liotta, C., (2006). From wood to fuels: integrating biofuels and pulp production. Industrial Biotechnology. Vol. 2, pp.55–65.

RISI, (2011). Montes Del Plata Reviews \$1.9B Pulp Mill Project in Uruguay to Start Up in 2013. Disponibile on-line:

<http://www.risiinfo.com/techchannels/pulping/Montes-del-Plata-reviews-19B-pulp-mill-project-in-Uruguay-to-start-up-in-2013.html>

(accesso 26.02.2014)

Romijn, E., Ainembabazi, J.H., Wijaya, A., Herold, M., Angelsen, A., Verchot, L., Murdiyarsa, D., (2013). Exploring different forest definitions and their impact on developing REDD+ reference emission levels: A case study for Indonesia. Environ Sci. Policy 33:246-259

Rhodes, J.S., Keith, D.W., (2008). Biomass with capture: negative emission within social and environmental constraints: an editorial comment. *Climatic Change* 87: 321-328. doi :10.1007/s10584-007-9387-4

Rodríguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi, J., Jiménez, L., (2008). Rice straw pulp obtained by using various methods. *Bioresource Technol.* 99(8): 2881-2886.

Salmenoja, K., (2009). Nox Emissions from Kraft Pulp Mills, Oy Metsä-Botnia Ab, Technical Development. Disponibile on-line: [http://www.ffrc.fi/FlameDays\\_2009/4A/SalmenojaPaper.pdf](http://www.ffrc.fi/FlameDays_2009/4A/SalmenojaPaper.pdf) (accesso 26.02.2014)

Samuelson, P.A., (1976). Economics of forestry in an evolving society. *Econ. Inquiry* 14, 466-492.

Samuelson P.A., (1983). Foundations of economics analysis. Harvard University Press, Cambridge.

Santos, O.M., Almada-Lobo, B., (2012). Integrated pulp and paper mill planning and scheduling. *Comput. Indu. Eng.* 63(1):1-12.

SEA (2008). Swedish Pulp Mill Bio-refineries, The Swedish Energy Agency, pp.19–76. Disponibile on-line: <http://www.investsweden.se/Global/Global/Downloads/Publications/Cleantech/Swedish-pulp-mill-biorefineries.pdf> (accesso 26.02.2014)

Schlamadinger, B., Bird, N., Johns, T., Brown, S., Canadell, J., Ciccicarese, L., Dutschke, M., Fiedler, J., Fischlin, A., Fearnside, P., Forner, C., Freibauer, A., Frumhoff, P., Hoehne, N., Kirschbaum, M.U.F., Labat, A., Marland, G., Michaelowa, A., Montanarella, L., Moutinho, P., Murdiyarso, D., Pena, N., Pingoud, K., Rakonczay, Z., Rametsteiner, E., Rock, J., Sanz, M.J., Schneider, U.A., Shvidenko, A., Skutsch, M., Smith, P., Somogyi, Z., Trines, E., Ward, M., Yamagata, Y., (2007). A synopsis of land use, land-use change and forestry (LULUCF) under the Kyoto Protocol and Marrakech Accords. *Environ. Sci. Policy* 10:271-282.

Schneider, P., Van der A, R.J., (2012). A global single-sensor analysis of 2002-2011 tropospheric nitrogen dioxide trends observed from space. *Journal of Geophysical Research*. 117.

Schoenberger, H., (2009). Integrated pollution prevention and control in large industrial installations on the basis of the best available techniques – The Sevilla Process. *Journal of Cleaner Production*. 17: 1526-1529

Schulp, C.J.E., Nabuurs, G.J., Verburg, P.H., (2008) : Future carbon sequestration in Europe – Effects of land use change. *Agriculture, Ecosystem and Environmental*. 127: 251-264

Shanin, V., Komarov, A., Mikhailov, A., Bykhovets, S., (2011). Modelling carbon and nitrogen dynamics in forest ecosystems of Central Russia under different climate change scenarios and forest management regimes. *Ecological Modelling*. Vol. 222, No. 14, pp.2262–2275.

Shrestha, G., Traina, S., Swanston, C., (2010). Black carbon's properties and role in the environment: a comprehensive review. *Sustainability*, Vol. 2, pp.294–320.

Silvo, K., Melanen, M., Honkasalo, A., Ruonala, S., Lindström, M., (2002). Integrated pollution prevention and control – the Finnish approach. *Resources, Conservation and Recycling*. 35:46-60.

Sohngen, B., Brown, S., (2008). Extending timber rotations: carbon and cost implications. *Climate Policy* 8(5):435-451.

Spash, C.L., (2010). The Brave New World of Carbon Trading. *New Political Economy* 15(2):169-195.

Stephenson, N.L., Das, A.J., Condit, R., Russo, S.E., Baker, P.J., Beckman, N.G., Coomes, D.A., Lines, E.R., Morris, W.K., Rüger, N., Álvarez, E., Blundo, C., Bunyavejchewin, S., Chuyong, G., Davies, S.J., Duque, Á., Ewango, C.N., Flores, O., Franklin, J.F., Grau, H.R., Hao, Z., Harmon, M.E., Hubbell, S.P., Kenfack, D., Lin, Y., Makana, J.-R., Malizia, A., Malizia, L.R., Pabst, R.J., Pongpattananurak, N., Su, S.-H., Sun, I.-F., Tan, S., Thomas, D., van Mantgem, P.J., Wang, X., Wiser, S.K., Zavala, M.A. (2014): Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature*. doi:10.1038/nature12914

Stern, N., (2006). The economics of climate change, Cambridge University Press.

Storti, D., Brotto, L., Pettenella, D., Chiriaco, M.V., Maluccio, S., Maso, D., Perugini, L., Romano, R., (2012). (Eds.) Stato del mercato forestale del carbonio in Italia 2012. In: Nucleo monitoraggio Carbonio INEA. Disponibile on-line: [http://www.carbomark.org/files/u4/Report\\_NucleoCarbonio\\_2012.pdf](http://www.carbomark.org/files/u4/Report_NucleoCarbonio_2012.pdf) (accesso 26.02.2014)

Szadkowska-Stańczyk , I., Szymczak, W., Szeszenia-Dabrowska, N., Wilczyńska, U., (1998). Cancer risk in workers of the pulp and paper industry in Poland. A continued follow-up. *Int. J. Med. Environ. Health.* 11(3): 217-225.

Szadkowska-Stańczyk , I., Szymczak, W., (2001). Nested case-control study of lung cancer among pulp and paper workers in relation to exposure to dusts. *American Journal of Industrial Medicine.* 39: 547-556.

Thomas, S., Dargush, P., Harrison, S., Herbohn, J., (2010). Why are there so few afforestation and reforestation Clean Development Mechanism projects?. *Land Use Policy* 27(3):880-887.

Tran, H., Earl, P., (2004). Chloride and Potassium Removal Processes for Kraft Pulp Mills: A Technical Review, Pulp & Paper Centre and Department of Chemical Engineering & Applied Chemistry, University of Toronto, International Chemical Recovery Conference. Disponibile on-line: <http://www.tappi.org/Downloads/unsorted/UNTITLED---ICR0438pdf.aspx> (accesso 26.02.2014)

Townsend, A.R., Braswell, B.H., Holland, E.A., Penner, J.E., (1996). Spatial and Temporal Patterns in Terrestrial Carbon Storage Due to Deposition of Fossil Fuel Nitrogen. *Eco. Appl.* 6 (3):806-814.

Uloth, V., van Heek, R., (2002). Dioxin and Furan Emission Factors for Combustion Operations in Pulp Mills, Prepared for Environment Canada, National Pollutant Release Inventory. Disponibile on-line: [http://www.ec.gc.ca/pdb/npri/2002guidance/dioxin2002/dioxin\\_combustion\\_e.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/npri/2002guidance/dioxin2002/dioxin_combustion_e.cfm) (accesso 26.02.2014)

UNCSD (2012). What is “Rio+20”. Disponibile on-line: <http://www.un.org/en/sustainablefuture/about.shtml> (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change, pp.1–25. Disponibile on-line: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (1998). Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change, United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponibile on-line: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2002). Issues in the negotiating process . Land use, land-use change and forestry under the Kyoto Protocol: Carbon “sinks”. Disponibile on-line: <http://unfccc.int/cop6/issues/111.html> (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2008). Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount, pp.1–130. Disponibile on-line: [http://unfccc.int/resource/docs/publications/08\\_unfccc\\_kp\\_ref\\_manual.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2011a). All Annex I countries – Total emission including LULUCF/LUCF. Disponibile on-line: <http://maps.unfccc.int/di/map/> (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2011b). National Greenhouse Gas Inventory Data for the Period 1990-2009, Note by the Secretariat. Disponibile on-line: [http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/3594.php?rec=j&preref=600006593#beg](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&preref=600006593#beg) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2011c). Project 1493: Fray Bentos Biomass Power Generation Project. Disponibile on-line: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1199485759.25/view> (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2012). CDM Reaches Milestone: 4.000th Registered Project. Disponibile on-line: [http://cdm.unfccc.int/CDMNews/issues/issues/I\\_L9HTDCWQC5OT5N0A7U\\_0L9Q97XSZB7Q/viewnewsitem.html](http://cdm.unfccc.int/CDMNews/issues/issues/I_L9HTDCWQC5OT5N0A7U_0L9Q97XSZB7Q/viewnewsitem.html) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2013a). Land Use, Land-Use Change and Forestry. Disponibile on-line: [http://unfccc.int/methods\\_and\\_science/lulucf/items/3060.php](http://unfccc.int/methods_and_science/lulucf/items/3060.php) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2013b). Reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries (REDD). Disponibile on-line: [http://unfccc.int/methods\\_science/redd/items/7377.php](http://unfccc.int/methods_science/redd/items/7377.php) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2013c). LULUCF under the Kyoto Protocol. Disponibile on-line: [https://unfccc.int/methods\\_and\\_science/lulucf/items/4129.php](https://unfccc.int/methods_and_science/lulucf/items/4129.php) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2013d). Glossary of climate change acronyms. Disponibile on-line: [http://unfccc.int/essential\\_background/glossary/items/3666.php](http://unfccc.int/essential_background/glossary/items/3666.php) (accesso 26.02.2014)

UNFCCC, (2013e). Land Use, Land-Use Change and Forestry. Disponibile on-line <http://unfccc.int/methods/lulucf/items/4122.php> (accesso 26.02.2014)

UNEP, (2013). Global trends in energy renewable energy investment 2013. Disponibile on-line: <http://www.unep.org/pdf/GTR-UNEP-FS-BNEF2.pdf> (accessed 26.02.2014)

US Embassy, (2001). FACT SHEET: United States Policy on the Kyoto Protocol, United States Embassy, Vienna, Austria. Disponibile on-line: <http://www.usembassy.at/en/download/pdf/kyoto.pdf> (accesso 26.02.2014)

US Embassy, (2005). Kyoto Protocol/Climate Change Fact Sheet 2005 Press Releases, Embassy of the United States Paris, France. Disponibile on-line: <http://france.usembassy.gov/press050222.html> (accesso 26.02.2014)

Vakkilainen, E.K., Kankkonen, S., Suutela, J., (2008). Advanced efficiency options: increasing electricity generating potential from pulp mills. Pulp & Paper Canada 109 (4):14-18. ISSN 0316-4004

Veracel, (2011). Integrated Project. Disponibile on-line:  
<http://www.veracel.com.br/en/AboutVeracel/IntegratedProject.aspx>  
(accesso 26.02.2014)

Vieri, S., (2012). Biofuels and EU's choices. *Int. J. Environ. Health* 6(2):155-169.

Woodbury, P.B., Smith, J.E., Heath, L.S., (2007). Carbon sequestration in the US forest sector from 1990 to 2010. *Forest Ecol. Manag.* 241:14-27.

WHO, (2009). *Protecting Health from Climate Change: Connecting Science, Policy and People*, World Health Organization, pp.1–23. Disponibile on-line:  
<http://www.who.int/globalchange/publications/en/> (accesso 26.02.2014)

Yan, Y., Yang, L., (2010). China's foreign trade and climate change: a case study of CO2 emission. *Energy Policy*. Vol. 38, pp.350–356.

## **Acronimi**

AAUs: Assigned Amount Units

BAT: Best Available Techniques,

BAT-AEL: Best Available Techniques\_ Associated Emission Levels

BREF- Reference: Best Available Techniques (BAT) Reference Documents

BRICS: Brazil, Russia, India, China and South Africa

CDM: Clean Development Mechanism

CEPI: Confederation of European Paper Industries

CERs: Certified Emission Reductions

CIFOR: Center for International Forestry Research

CLRTAP: Convention on Transboundary Air Pollution

CM : Carbon Market

EAUs: European Union Allowances

ECF: Elemental Chlorine Free

EEA: European Environment Agency,

ELD : Environmental Liability Directive,

EPA: Environmental Protection Agency

E-PRTR : European Pollutant Release and Transfer Register

ERU: Emission Reduction Unit

ESP: Electrostatic Precipitators

EU-ETS: European Union – Emission Trading System

EU-IPPC: European Union – Integrated Pollution Prevention and Control

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

GHG: Greenhouse Gases

HWP: Harvested Wood Products

JI - Joint Implementation

LCERs: Long-Term Certified Emission Reductions

LULUCF: Land Use, Land-Use Change and Forestry

IEA: International Energy Agency

IED :Industrial Emission Directive,

IET: International Emission Trading

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

NVP : Net Value Present

REDD : Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation

RMUs: Removal Units

tCERs: Temporary Certified Emission Reductions

t CO<sub>2</sub>eq: Tonnes of Carbon Dioxide equivalent

TRS: Total Reduced Sulphur

UNEP: United Nations Environment Programme

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

VCM : Voluntary Carbon Market

WHO: World Health Organization

WMO: World Meteorological Organization