

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

**Tesi di Laurea Magistrale in
Ingegneria Energetica**

**Incentivi per l'efficienza energetica: proposta di
scheda analitica per essiccatori industriali ad
adsorbimento**

Relatore: Prof. Arturo Lorenzoni

Co-relatore: Dott. Guido Bertin

Co-relatrice: Ing. Daniela De Angeli

Laureando: Edoardo Giacomini

ANNO ACCADEMICO 2013-2014

Riassunto

Questa tesi verte sul lavoro svolto durante lo stage presso Esco Veneto, durato dal 15 ottobre 2013 al 15 maggio 2014. In particolare verrà presentato il lavoro condotto per fornire una consulenza all'azienda Piovan S.p.A., riguardante gli incentivi a favore dell'efficienza energetica. Piovan S.p.A. è un'azienda multinazionale che produce macchine ausiliare per il trattamento delle materie plastiche. In seguito verrà esposto innanzitutto il lavoro preliminare di ricerca bibliografica e di approfondimento dei temi affrontati, e infine si presenteranno i risultati della ricerca, applicata alle condizioni che interessano all'azienda, e in particolare la redazione di una proposta di scheda tecnica analitica per l'installazione di essiccatori industriali ad adsorbimento.

Indice

INTRODUZIONE	7
Capitolo 1 - Politiche energetico-climatiche europee	9
1.1 Il protocollo di Kyoto	11
1.1.1 <i>Emissions Trading</i>	19
1.1.2 <i>Joint Implementation (JI)</i>	21
1.1.3 <i>Clean Development Mechanism (CDM)</i>	21
1.1.4 <i>Risultati raggiunti nel primo periodo (2008-2012)</i>	21
1.1.5 <i>Secondo periodo (2013-2020)</i>	23
1.2 La strategia 20-20-20	24
1.2.1 <i>Riduzione dei GHG</i>	25
1.2.2 <i>Quota delle energie rinnovabili</i>	29
1.2.3 <i>Aumento dell'efficienza energetica</i>	31
1.3 Politiche europee al 2030 e al 2050	34
Capitolo 2 - Focus su Titoli di efficienza energetica (TEE), Certificats d'Économie d'Énergie (CEE) e certificati bianchi in altri paesi europei .	37
2.1 I Titoli di efficienza energetica	38
2.1.1 <i>L'incentivazione del risparmio energetico in Italia</i>	38
2.1.2 <i>Legislazione attuale (DM 28/12/12)</i>	39
2.1.3 <i>I progetti di risparmio</i>	42
2.1.3.1 <i>Metodi di valutazione standardizzata</i>	45
2.1.3.2 <i>Metodi di valutazione analitica</i>	46
2.1.3.3 <i>Metodi di valutazione a consuntivo</i>	47
2.1.4 <i>Risultati ottenuti e criticità</i>	47
2.1.5 <i>Previsioni per il futuro</i>	52
2.2 I Certificats d'économie d'énergie	53
2.2.1 <i>L'incentivazione del risparmio energetico in Francia</i>	53
2.2.2 <i>Legislazione e meccanismo attuale</i>	53
2.2.3 <i>Risultati ottenuti e criticità</i>	57
2.2.4 <i>Terzo periodo di incentivi (2015-2018)</i>	60
2.2.5 <i>Confronto con il meccanismo italiano</i>	60
2.3 I certificati bianchi in Europa	61
2.3.1 <i>Regno Unito</i>	61
2.3.2 <i>Danimarca</i>	63
2.3.3 <i>Fiandre</i>	65

2.3.4 Polonia.....	66
Capitolo 3 - Focus sul Clean Development Mechanism (CDM)	69
3.1 Nuovo regolamento del CDM.....	69
3.2 Meccanismo	71
3.3 Mercato dei permessi di emissione	78
Capitolo 4 - Focus sui processi di stampaggio del PET.....	83
4.1 Il PET	83
4.1.1 <i>Caratteristiche generali.....</i>	83
4.1.2 <i>Contenitori in PET.....</i>	84
4.2 Lavorazione del PET	87
4.2.1 <i>Deumidificazione.....</i>	87
4.2.2 <i>Essiccatori.....</i>	92
4.2.3 <i>ISBM: processo monostadio</i>	98
4.2.4 <i>ISBM: processo bistadio.....</i>	100
Capitolo 5 - Esperienza di stage presso Esco Veneto.....	103
5.1 TEE: proposta di scheda analitica per gli essiccatori industriali ad adsorbimento.....	103
5.1.1 <i>Individuazione dei parametri per il calcolo del RISP.....</i>	103
5.2 CEE: opportunità del mercato dei certificati in Francia	108
5.2.1 <i>Modalità di accesso al mercato per le aziende.....</i>	108
5.2.2 <i>Interventi di interesse per Piovan S.p.A.....</i>	110
5.2.2.1 <i>Scheda tecnica IND-UT-13, chiller</i>	110
5.2.2.2 <i>Scheda tecnica IND-UT-22, essiccatori</i>	112
5.3 CDM: opportunità per l'ottenimento di CERs.....	112
CONCLUSIONI.....	114
Appendice A: proposta di scheda tecnica analitica per essiccatori industriali ad adsorbimento.....	116
Appendice B: schede tecniche per chiller e essiccatori per l'ottenimento di CEE	119
NOMENCLATURA.....	122
RIFERIMENTI	125

Introduzione

La duplice sfida energetico-climatica sta costringendo i paesi di tutto il mondo ad intervenire per garantire un approvvigionamento energetico sicuro e sostenibile, e per limitare l'effetto dei gas climalteranti. E' ormai assodato, all'interno della comunità scientifica, che un aumento della temperatura media mondiale oltre i due gradi centigradi avrebbe conseguenze rilevanti e non controllabili. Inoltre secondo uno studio di Bowen et al. (2009), l'attuale tendenza della crescita delle emissioni di CO₂ potrebbe alterare il clima tanto da portare ad un crollo tra il 10% e il 20% del PIL mondiale. Per evitare ciò, le sue stime affermano che gli investimenti pubblici, necessari anche per un effetto volano per gli investimenti privati, ammontano a 400 miliardi di dollari per anno¹, quantità destinata ad aumentare se continuerà l'inerzia e il ritardo di intervento degli Stati. Evitare le conseguenze di un'alterazione significativa del clima è diventata dunque una priorità non soltanto ambientale, ma anche economica. A ciò si intrecciano inoltre interessi geopolitici che spingono le singole entità nazionali e sovranazionali verso l'indipendenza energetica, nella direzione dell'efficienza e delle rinnovabili.

E' proprio in questo quadro che l'Europa ha messo in atto numerosi interventi, ascrivibili a impegni in ambito internazionale (Protocollo di Kyoto) e impegni unilaterali interni all'Unione (Strategia 20-20-20). Il Protocollo di Kyoto ha spinto l'UE a creare un mercato con meccanismo *Cap and trade* per la compravendita di diritti di emissioni di CO₂ fondato sui seguenti strumenti: Emissions Trading, Joint Implementation (JI) e Clean Development Mechanism (CDM). La Strategia 20-20-20 è invece attuata tramite le direttive e i regolamenti del "Pacchetto Clima ed Energia" che regolano le politiche sulle energie rinnovabili, l'emissione di CO₂ e l'efficienza energetica. In particolare, in questa tesi verranno studiati i certificati bianchi, un sistema di incentivi per favorire l'efficienza energetica, e il CDM.

Nell'esperienza di stage presso ESCo Veneto, lo studio condotto si è focalizzato sugli strumenti che le aziende possono sfruttare per dare il loro contributo al cammino verso un'economia sostenibile, e allo stesso tempo incrementare la propria competitività. E' stata offerta una consulenza all'azienda Piovan S.p.A., leader mondiale nella produzione di macchine ausiliarie per il trattamento di materie plastiche, che ha portato all'analisi di alcuni dei loro prodotti per l'ottenimento di certificati bianchi e incentivi nell'ambito del Protocollo di Kyoto. Nello specifico, lo studio è stato rivolto all'accesso agli incentivi per chiller ed essiccatori ad adsorbimento, utilizzati per la produzione del PET.

¹ Pari a circa lo 0,5% del PIL mondiale.

La tesi è strutturata in cinque capitoli: il primo affronta le politiche energetiche e gli impegni per la lotta al riscaldamento globale adottati dall'Unione Europea; il secondo si focalizza sullo strumento dei certificati bianchi, analizzando i meccanismi italiano e francese e descrivendo i sistemi adottati in altri paesi europei; il terzo riguarda il Clean Development Mechanism di cui ne descrive il funzionamento e i risultati raggiunti; il quarto verte sull'analisi delle caratteristiche fisico chimiche del PET e sul processo di stampaggio della plastica; infine il quinto si concentra sulle opportunità di ottenimento di incentivi da parte dell'azienda, e comprende la proposta di una nuova scheda analitica per essiccatori industriali ad adsorbimento.

Capitolo 1

Politiche energetico-climatiche europee

L'Unione Europea deve le sue origini al trattato che istituisce la Comunità europea del carbone e dell'acciaio (CECA), firmato a Parigi nel 1951, e ai trattati di Roma del 1957 in cui vengono fondati la Comunità economica europea (CEE), e la Comunità europea dell'energia atomica, conosciuta come Euratom. Due delle tre comunità che stanno alla base della nascita della UE riguardano dunque l'energia. Nonostante ciò, gli Stati membri non hanno raggiunto un accordo per trasferire poteri sovrani alla CEE per la realizzazione di una politica energetica integrata. Perciò la Comunità ha dovuto agire indirettamente, attuando misure che riguardano i mercati interni, l'ambiente, la ricerca scientifica e tecnologica, le grandi reti e le relazioni esterne.

Risale al 1974 la prima risoluzione adottata dal Consiglio delle Comunità europee su *Una nuova strategia per la politica energetica della Comunità*. Essa definisce i primi obiettivi comunitari per il decennio 1975-1985, atti a ridurre la dipendenza dall'energia importata, e a garantire un approvvigionamento sicuro e durevole, nel rispetto dell'ambiente e a condizioni economiche favorevoli. Poiché le politiche energetiche non fanno parte del diritto primario², la risoluzione si basava sui seguenti principi:

- Gli obiettivi energetici comunitari costituivano dei punti di riferimento per la politica energetica a lungo termine, per i Governi, per le imprese e per i cittadini della Comunità;
- Essi non avevano carattere vincolante;
- Prevedevano la cooperazione a livello internazionale per risolvere i problemi energetici sia con i paesi produttori che con i paesi consumatori, operando all'interno dell'Agenzia Nazionale dell'Energia (IEA).

Tali obiettivi si incentravano: sullo sviluppo accelerato dell'energia nucleare, sullo sviluppo delle risorse energetiche interne della Comunità, sull'approvvigionamento estero diversificato e sicuro e sugli investimenti in ricerca tecnologica per valorizzare le energie alternative. Gli obiettivi quantitativi, che sostanzialmente prefiggevano una riduzione delle importazioni globali di energia dal 61% del 1973 al 50% del 1985, e delle importazioni di petrolio da paesi terzi da 640 milioni di tonnellate a 540 milioni di tonnellate, sono stati raggiunti anche grazie

² Il diritto primario, detto anche fonte primaria o diritto originario, è il diritto supremo dell'Unione Europea e prevale su qualsiasi altra fonte del diritto.

ad una serie di congiunture favorevoli come lo sviluppo delle piattaforme petrolifere britanniche e olandesi e la forte politica nucleare francese.

Nel 1985 il Consiglio predispose un altro piano energetico decennale, noto come *Linee direttrici per le politiche energetiche degli stati membri*, che si basava sugli stessi principi della risoluzione precedente e prefiggeva come obiettivi quantitativi la riduzione dell'uso del petrolio dal 50% al 40% e il mantenimento della quota di gas al 18% nel consumo energetico complessivo, il miglioramento dell'efficienza energetica del 20%, il potenziamento della quota di combustibili solidi, che allora si attestava al 24%, e l'aumento significativo della quota delle energie rinnovabili. Inoltre la risoluzione aveva l'obiettivo di favorire l'integrazione del mercato dell'energia, tramite la liberalizzazione dei mercati energetici all'interno della comunità, e promuovere l'integrazione del binomio energia-ambiente. Purtroppo il piano fallì clamorosamente, non riuscendo a raggiungere risultati soddisfacenti in nessuno degli obiettivi prefissati, a causa della natura stessa della risoluzione. Essendo un atto non vincolante, non poté infatti imporre obblighi agli stati membri, i quali avrebbero dovuto spontaneamente allineare le proprie politiche verso un orientamento comune.

Il fallimento di tale piano portò alla fine delle strategie decennali, in favore dell'adozione di risoluzioni vincolanti e più efficaci. Il *Libro Verde³ dell'Energia*, adottato dalla Commissione l'11 gennaio del 1995, oltre a riproporre la realizzazione del mercato interno dell'energia, approfondisce il problema chiave della sicurezza energetica dell'Unione. A seguito di questo, vengono introdotte tre direttive che perseguono gli scopi presentati dal Libro Verde, ovvero per la liberalizzazione del mercato elettrico la *96/92/CE del 19 dicembre 1996*, per la liberalizzazione della ricerca e produzione di petrolio e gas la *94/22/CE del 1 gennaio 1997*, e infine per la liberalizzazione del mercato del gas naturale la *98/30/CE del 22 giugno 1998*.

Il *Libro Verde sulla Sicurezza dell'Approvvigionamento Energetico*, adottato il 29 novembre 2000, rappresenta un altro tassello per lo sviluppo delle politiche comunitarie. Esso suggerisce di intervenire sulla domanda di energia per orientarla e contenerla, evitando di rispondere alla domanda con un'offerta sempre maggiore; anzi, auspica la necessità di riequilibrare la domanda verso consumi meglio gestiti e maggiormente rispettosi dell'ambiente nonché assegna la priorità allo sviluppo delle energie rinnovabili per fronteggiare la sfida del riscaldamento del pianeta causato dall'effetto serra. A tale scopo, per accelerare l'integrazione del mercato interno dell'elettricità e del gas, oltre alla realizzazione di reti transeuropee dell'energia, vengono adottate due ulteriori direttive: la *2003/54/CE del 26 giugno 2003* per completare la liberalizzazione del mercato interno dell'elettricità in tutti i comparti (generazione, trasmissione, distribuzione e fornitura dell'energia elettrica), e la *2003/55/CE del 26 giugno 2003*, per completare la liberalizzazione del mercato interno del gas naturale in

³ Il Libro Verde è una comunicazione con la quale la Commissione Europea illustra lo stato di un determinato settore da disciplinare e chiarisce il suo punto di vista in ordine a certi problemi. Questo tipo di comunicazioni possono avere carattere informativo, decisorio, dichiarativo o interpretativo.

tutti i comparti (trasporto, distribuzione, fornitura e stoccaggio del gas naturale).

Di grande importanza per l'orientamento strategico delle politiche energetiche è stato il *Libro Verde, Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, del 2006, che ha stabilito i tre obiettivi fondamentali da perseguire:

- *Security of supply*: garantire la sicurezza degli approvvigionamenti energetici;
- *Competitiveness*: limitare la dipendenza dalle importazioni di idrocarburi;
- *Sustainability*: coniugare le politiche energetiche con il contrasto al cambiamento climatico.

Da questo documento sono scaturite le direttive 2009/72/CE, 2009/73/CE e 2008/92/CE, che rinforzano il processo di apertura delle reti. Inoltre è stato creato il pacchetto integrato di misure nota come strategia del 20-20-20 che fissa come obiettivi al 2020:

- La riduzione delle emissioni di anidride carbonica del 20% rispetto ai livelli del 1990;
- Aumento dell'efficienza energetica del 20% del consumo totale di energia primaria;
- Incremento della quota delle energie rinnovabili al 20% del consumo totale.

Per di più, seguendo la stessa filosofia che lega indissolubilmente ambiente ed energia, l'Unione Europea ha aderito al Protocollo di Kyoto, firmato e ratificato nel 1997 ma entrato in vigore solo nel 2005. Esso prevede la riduzione delle emissioni di CO₂ e di altri cinque gas serra, ovvero metano (CH₄), ossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) e esafluoruro di zolfo (SF₆).

Nei prossimi sottoparagrafi verranno approfonditi i meccanismi del protocollo di Kyoto e della strategia 20-20-20.

1.1 Il protocollo di Kyoto

Tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90, la questione del *global warming* cominciò ad inserirsi tra i temi fondamentali della politica internazionale. Nel 1992, 154 Stati firmarono a Rio de Janeiro la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Il punto centrale della convenzione fu l'impegno nello stabilizzare i livelli di gas ad effetto serra (Greenhouse gases, GHG) nell'atmosfera. Inoltre si raggiunse l'accordo che le nazioni più sviluppate dovessero assumere il ruolo di leadership nella riduzione delle emissioni di GHG, riconoscendo il fatto che esse stesse sono state, nel corso del secolo scorso, le principali emettitrici, e considerando anche il fatto che gli Stati in via di sviluppo, per attuare misure di riduzione dei gas ad effetto serra, avrebbero dovuto pagare con una ridotta crescita economica. La convenzione fu solo un accordo sui principi atti alla stabilizzazione dei GHG; essa non stabilì nulla di specifico riguardo agli obiettivi di riduzione delle emissioni, alle tempistiche per raggiungerli, ad un sistema per multare i paesi che non avessero raggiunto i target.

Tali questioni furono dibattute nelle seguenti *Conference of the Parties* (conosciute come COP-1 e COP-2). La prima, tenuta a Berlino nel 1995, portò all'assegnazione di specifici target e scadenze per ridurre i GHG e alla delineazione di politiche e misure per raggiungere tali target. La seconda conferenza, tenuta a Ginevra l'anno successivo, ha legittimato i vincoli legali sugli impegni presi per il raggiungimento degli obiettivi.

Nel 1997, alla terza COP tenuta a Kyoto, gli stati membri firmarono il Protocollo di Kyoto, un documento che comprende gli accordi sui precisi quantitativi di riduzione delle emissioni per ogni paese membro, l'inquadramento generale dell'*Emission trading program*, e l'impegno di indire ulteriori COP per la definizione delle ammende nel caso di non ottemperanza agli obblighi e per la determinazione delle regole del nuovo mercato *Emission trading*. Il protocollo comprendeva anche la procedura per la sua effettiva entrata in vigore: era necessario infatti che almeno 55 paesi industrializzati ratificassero l'accordo e che questi avessero generato almeno il 55% delle emissioni totali mondiali di GHG prodotti nel 1990.

In seguito alla firma del Protocollo di Kyoto, i paesi membri organizzarono una serie di COP per definire i dettagli degli accordi. Nel 1998, fu adottato il *Buenos Aires Plan of Action*, che stabilì una lista di 140 questioni sulle quali era necessario arrivare ad un accordo. Durante la sesta e la settima COP, tenute entrambe nel 2001 a Bonn e a Marrakesh, tutte le questioni esplicitate nel Buenos Aires Plan of Action furono risolte, e furono istituiti i meccanismi flessibili dello schema ETS.

Nello stesso anno però, l'amministrazione Bush annunciò che non avrebbe ratificato il protocollo, ed espresse critiche riguardo all'esenzione agli obblighi garantita alla Cina, secondo emettitore mondiale di GHG dopo gli Stati Uniti, e preoccupazioni sui possibili effetti negativi delle misure sull'economia statunitense. L'anno successivo anche l'Australia annunciò il rifiuto di ratificare il protocollo, adducendo le stesse motivazioni portate da Bush. La marcia indietro di questi due paesi mise in dubbio l'intero processo di entrata in vigore del protocollo, considerando che gli Stati Uniti rappresentano il 36% del totale delle emissioni del 1990.

Dopo tredici anni di negoziati intergovernativi, nel 2005, con la ratifica da parte della Russia, viene raggiunta la soglia stabilita per l'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto.

Il primo periodo dell'impegno preso dai membri è iniziato nel 2008 e si è concluso nel 2012.

Il secondo periodo partito il primo gennaio 2013, si concluderà nel 2020.

Il Protocollo di Kyoto prevede che:

- Ogni membro parte dell'Annesso I debba intraprendere misure per la riduzione dell'emissione di GHG e per il potenziamento di azioni di *sinking*⁴;
- Nell'implementazione di tali misure, ogni membro deve cercare di minimizzare qualsiasi effetto negativo sugli altri membri, in particolare nei confronti dei paesi

⁴ Le misure di *sinking* comprendono tutte le azioni che riescano ad assorbire i gas ad effetto serra come, ad esempio, la riforestazione.

membri in via di sviluppo;

- I membri dell'Annesso I devono fornire risorse finanziarie addizionali per il raggiungimento degli impegni da parte dei paesi in via di sviluppo;
- Tutti i membri devono cooperare nelle seguenti aree:
 - Lo sviluppo, l'applicazione e la diffusione di tecnologie *climate friendly*;
 - La ricerca e l'osservazione sistematica del clima;
 - Lo stimolo all'educazione e alla sensibilità pubblica sul cambiamento climatico;
 - Il miglioramento dei dati degli inventari dei GHG.

L'impegno centrale del Protocollo, contenuto nel Paragrafo 1 dell'Articolo 3, richiede che ogni membro compreso nell'annesso I dimostri che le sue emissioni totali di GHG nei settori inclusi nell'annesso A, nel periodo di riferimento, non ecceda le quote permesse. Nell'annesso B si indicano le quote di riduzione per i paesi compresi nell'annesso I.

<h2>Energia</h2>		
COMBUSTIONE		FUGA DI COMBUSTIBILI
<input type="radio"/> Industria energetica <input type="radio"/> Industria manifatturiera ed edile <input type="radio"/> Trasporti <input type="radio"/> Altri settori	<input type="radio"/> Combustibili solidi <input type="radio"/> Petrolio e gas naturale <input type="radio"/> Altro	
<h2>Processi industriali</h2>		
<input type="radio"/> Prodotti minerali <input type="radio"/> Industria chimica <input type="radio"/> Produzione di metalli	<input type="radio"/> Altre produzioni <input type="radio"/> Produzione di HFC ed esafluoruro di zolfo	<input type="radio"/> Consumo di HFC ed esafluoruro di zolfo <input type="radio"/> Altro
<h2>Uso di solventi e altri prodotti</h2>		
<h2>Agricoltura</h2>		
<input type="radio"/> Fermentazione <input type="radio"/> Gestione del concime <input type="radio"/> Coltivazione del riso	<input type="radio"/> Suoli agricoli <input type="radio"/> Incendi programmati nella savana	<input type="radio"/> Combustione di residui agricoli <input type="radio"/> Altro
<h2>Rifiuti</h2>		
<input type="radio"/> Smaltimento di rifiuti solidi <input type="radio"/> Gestione delle acque reflue	<input type="radio"/> Inceneritori <input type="radio"/> Altro	

Figura 1.1: Annesso A, settori per i quali vengono contabilizzate le emissioni di GHG. Fonte: rielaborazione da UNFCCC.

Tabella 1.1: Annesso B, target di emissione. Fonte: UNFCCC.

Membri dell'Annesso I	Target di emissione (espresso in relazione alle emissioni dell'anno di riferimento)
Austria, Belgio, Bulgaria, Repubblica Ceca, Danimarca, Estonia, EU-15, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lettonia, Liechtenstein, Lituania, Lussemburgo, Monaco, Paesi Bassi, Portogallo, Regno Unito, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera.	-8%
Stati Uniti d'America	-7%
Canada, Ungheria, Giappone, Polonia	-6%
Croazia	-5%
Nuova Zelanda, Federazione Russa, Ucraina	
Norvegia	+1%
Australia	+8%
Islanda	+10%

Le quote vengono misurate in *Assigned amount unit* (AAU), che corrisponde ad un permesso di emissioni pari ad una tonnellata equivalente di CO₂. L'equivalenza dell'effetto di un gas ad effetto serra alla tonnellata equivalente di CO₂, è una questione molto delicata e tuttora dibattuta. Fino ad ora il metodo universalmente accettato, seppur consci dei suoi limiti, è stato il *Global warming potential* (GWP), che è una misura relativa di quanto calore un gas trattiene nell'atmosfera, rispetto al gas di riferimento che è l'anidride carbonica. Il GWP è calcolato come il rapporto tra l'integrale del forzante radiativo del gas in esame, quantificato in un certo intervallo di tempo che comunemente è 20, 100 o 500 anni, rispetto allo stesso integrale del gas di riferimento. Il forzante radiativo, misurato in [W/m²], è la misura dell'influenza di un fattore nell'alterazione del bilancio tra energia entrante ed energia uscente nel sistema terra-atmosfera.

Il GWP del gas *i*-esimo è calcolato secondo la seguente equazione:

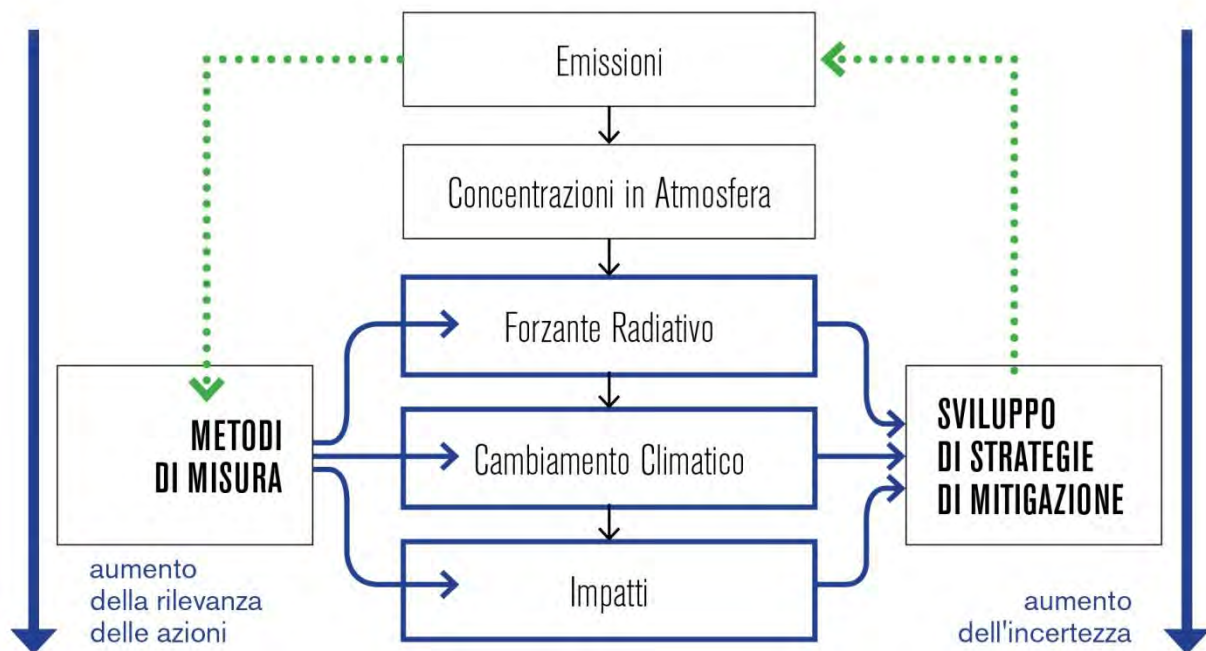
$$GWP_i(H) = \frac{\int_0^{TH} a_x[x(t)]dt}{\int_0^{TH} a_r[r(t)]dt}, \quad (1.1)$$

In cui TH è l'orizzonte temporale, a_x [W/(m²kg)] è l'efficienza radiativa, e [x(t)] è la decadenza dell'abbondanza della sostanza che segue il rilascio del gas in atmosfera.

Tabella 1.2: Global warming potential per alcuni gas inclusi nell'Annesso A. Fonte: UNFCCC.

Gas	Formula chimica	Vita [anni]	GWP ₂₀	GWP ₁₀₀
Anidride carbonica	CO ₂	Variabile	1	1
Metano	CH ₄	12±3	56	21
Ossido di azoto	N ₂ O	120	280	310
HFC-23	CHF ₃	264	9100	11700
Esafluoruro di zolfo	SF ₆	3200	16300	23900
Perfluorometano	CF ₄	50000	4400	6500

Un altro indice che si sta diffondendo nell'ultimo periodo è il *Global temperature change potential* (GTP) che, rispetto al GWP, indica gli effetti del forzante radiativo sulla temperatura, includendo effetti fisici come lo scambio di calore tra l'atmosfera e l'oceano, che il primo indice non comprende. Nella figura 1.1 è chiaro come il GTP vada ad indicare uno step successivo nella scala causa-effetto, ovvero il cambiamento climatico.

**Figura 1.2:** Catena di causalità del cambiamento climatico. Fonte: rielaborazione IPCC.

Si riporta la nota contenuta nel *First assessment report* dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), l'ente intergovernativo che produce rapporti per l'UNFCCC:

“It must be stressed that there is no universally accepted methodology for combining all the relevant factors into a single metric.”

“Si deve sottolineare che non ci sono metodologie riconosciute universalmente che combinino tutti i fattori rilevanti in un singolo metodo di misura.”

Diversamente da altri accordi multilaterali ambientali, il Protocollo di Kyoto prevede la possibilità di variazione delle quote assegnate tramite azioni di *Land use, Land-use Change and Forestry*, (LULUCF). Le azioni incluse in tale definizione sono specificate nei Paragrafi 3 e 4 dell'Articolo 3 del Protocollo. Il paragrafo 3 copre le azioni dirette, realizzate dall'uomo, di afforestazione, riforestazione e deforestazione. La rendicontazione di tali attività è obbligatoria per i paesi dell'Annesso I. Il paragrafo 4 include invece le azioni di gestione dei territori boschivi, dei territori ad uso agricolo, dei pascoli e dei territori sottoposti a rivegetazione⁵. La loro rendicontazione è volontaria, ovvero ciascun paese può decidere se comprendere il computo di aumento o riduzione delle emissioni di tali attività.

Alla fine del periodo, la valutazione del rispetto dell'impegno dei paesi membri viene effettuata comparando la quota di emissioni per le attività incluse nell'Annesso A e i permessi di emissione assegnati loro. I permessi di emissione sono pari alla quota stabilita inizialmente più tutte le quantità addizionali acquisite tramite i meccanismi flessibili, che verranno illustrati in seguito, o attività di LULUCF, meno le quantità trasferite ad altri membri o cancellate a causa di emissioni positive delle attività di LULUCF. In figura 1.3 è rappresentata graficamente la valutazione dell'adempimento agli impegni.

⁵ La differenza tra afforestazione e riforestazione è che la prima si riferisce alla conversione di un'area non boschiva, rimasta tale per almeno 50 anni, in boschiva, mentre la seconda include aree che sono rimaste non boschive per un periodo minore di tempo. La rendicontazione di tali attività è comunque identica e perciò entrambe sono contenute nel Paragrafo 3, Articolo 3. La rivegetazione prevede invece azioni di rimboschimento che abbiano lo scopo di carbon sink, che coprano un'area di almeno 0,05Ha e che non soddisfino le definizioni di afforestazione e riforestazione.

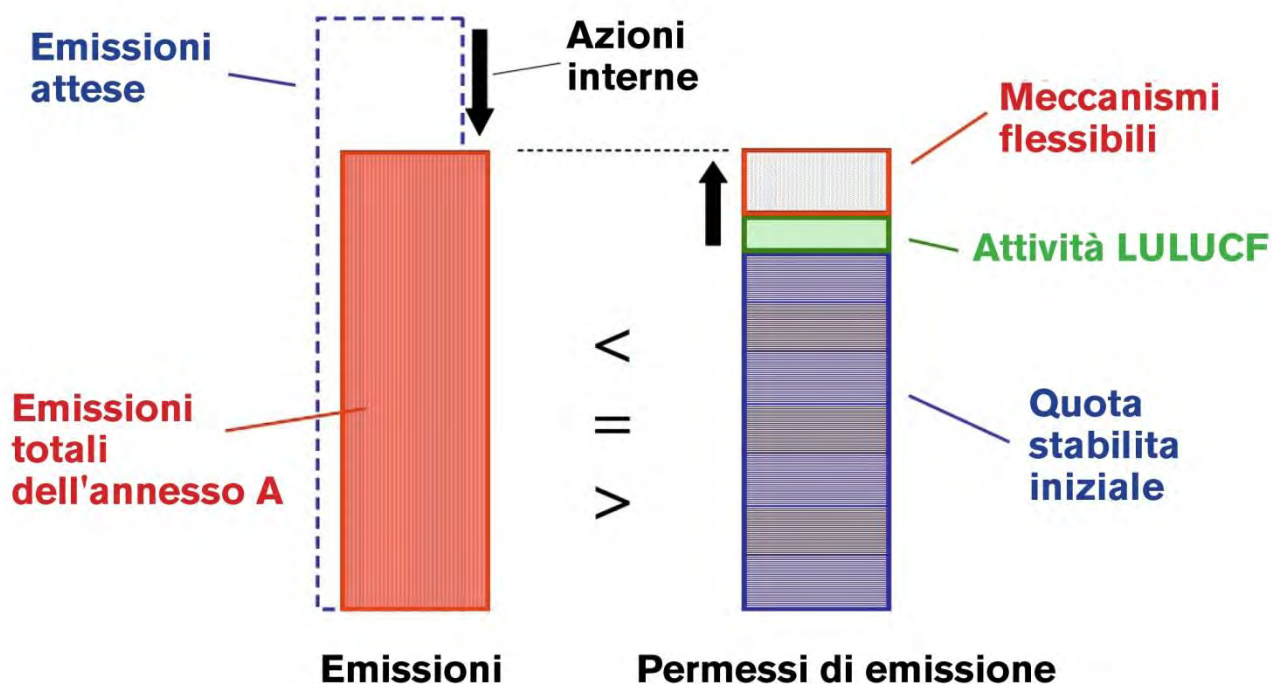


Figura 1.3: Valutazione degli adempimenti agli obblighi dei membri dell'Annesso I. Fonte: rielaborazione UNFCCC.

Nel caso in cui un paese non riesca a raggiungere l'obiettivo, la quota in eccesso rispetto ai permessi verrà moltiplicata per un fattore 1,3 e dedotta dal periodo successivo. Inoltre al membro verrà inibito l'accesso all'*emissions trading*; infine dovrà preparare un *compliance action plan*, ovvero un documento che compnda la giustificazione del non adempimento agli obblighi e l'indicazione di un piano che includa azioni e scadenze per il raggiungimento dell'obiettivo nel periodo successivo.

Il Protocollo di Kyoto permette ai membri dell'Annesso I di effettuare una compravendita delle emissioni tramite dei meccanismi flessibili, citati precedentemente:

- Emissions Trading;
- Joint Implementation (JI);
- Clean Development Mechanism (CDM).

1.1.1 Emissions Trading

Tramite il meccanismo *Emissions Trading* un membro dell'Annesso I può trasferire unità di permessi di emissione ad un altro membro dell'Annesso I o acquisirne. Il numero delle unità che un membro può trasferire è limitato dal *commitment period reserve* (CPR) che è la quota minima di permessi di emissioni che un paese deve mantenere nel suo registro nazionale. Questo requisito impedisce ai membri di trasferire un numero eccessivo di permessi, compromettendo la possibilità di mantenere l'impegno espresso nell'Articolo 3, Paragrafo 1.

Viene definito un meccanismo *cap & trade* perché è fissato un tetto massimo (*cap*) al livello totale delle emissioni consentite a tutti i soggetti vincolati dal sistema, ma permette ai partecipanti di acquistare e vendere sul mercato i diritti di emissione (*trade*).

I membri dell'Annesso I possono scegliere di implementare sistemi di mercato nazionali o internazionali (ad esempio con un gruppo di paesi membri), sotto la loro autorità e responsabilità. Il meccanismo infatti agisce da "ombrello" sotto il quale meccanismi nazionali o internazionali possono operare. Ogni trasferimento di permessi che avviene nel sottosistema creato, deve seguire le stesse regole prescritte dal Protocollo di Kyoto. L'*Emission Trading Scheme* (ETS) adottato dall'Unione Europea è un esempio di sistema di mercato internazionale che opera all'interno del meccanismo *Emissions Trading*.

Il sistema è stato istituito dalla *Direttiva 2003/87/CE* e successive modificazioni. Essa prevede che, dal primo gennaio 2005⁶, gli impianti dell'Unione Europea con elevati volumi di emissioni non possano funzionare senza un'autorizzazione ad emettere gas serra. La tabella 1.3 mostra i settori coperti dal sistema EU ETS, responsabili mediamente della produzione di 1,9 miliardi di tonnellate di CO₂ equivalente, il 41% del totale delle emissioni dei paesi aderenti.

⁶ Il sistema EU ETS è entrato in vigore prima della partenza del primo periodo di impegni del Protocollo di Kyoto. Ora è al suo terzo periodo previsto dal 2013 al 2020.

Tabella 1.2: Settori coperti dal sistema EU ETS. Fonte: EEA.

Codice del settore	Denominazione del settore
1	Impianti di combustione
2	Raffinerie di petrolio
3	Forni coke
4	Impianti di lavorazione o sinterizzazione di minerali
5	Produzione di ghisa o acciaio
6	Produzione di cemento o calce
7	Produzione di vetro (inclusa fibra di vetro)
8	Produzione di ceramica
9	Produzioni cartiere
10	Aviazione
99	Altre attività

Ogni impianto autorizzato deve monitorare annualmente le proprie emissioni e compensarle con quote di emissione europee, chiamate *European Union Allowances* (EUA) ed *European Union Allowances aviation* (EUA A), che sono equiparate alle AAU e possono essere comprate e vendute. Gli impianti possono utilizzare a questo fine anche crediti che derivano dai meccanismi JI e CDM. In generale, i gestori degli impianti possono scegliere tra investire per ridurre le proprie emissioni, introducendo tecnologie a basso contenuto di carbonio o attraverso misure di efficienza energetica, e acquistare quote.

L'assegnazione delle quote agli operatori, nel precedente periodo, avveniva tramite il Piano Nazionale di Assegnazione (PNA) e venivano assegnate agli operatori gratuitamente. Nel nuovo periodo questo avverrà a titolo oneroso attraverso aste pubbliche europee. Gli impianti manifatturieri, in particolare quelli esposti a rischio di delocalizzazione a causa dei costi del carbonio, ricevono una parte di quote a titolo gratuito tramite il metodo *grandfathering* in base a parametri di riferimento generalmente definiti per prodotto, armonizzati a livello europeo e quantificati in base alla performance del 10% degli impianti più efficienti per ciascun settore industriale. Il quantitativo totale delle quote in circolazione nel sistema è definito a livello europeo in funzione degli obiettivi dell'Unione Europea. Nel 2013 il totale delle quote in circolazione ammonterà a circa 2,084 miliardi e sarà ridotto, annualmente, dell'1,74% del quantitativo medio annuo totale rilasciato dagli Stati membri nel periodo 2008-2012, pari a oltre 38 milioni di quote.

L'EU ETS coinvolge circa 11000 operatori, tra impianti termoelettrici, industriali nel campo della produzione di energia e della produzione manifatturiera ed operatori aerei. In Italia sono 1300 gli impianti interessati, di cui circa il 71% nel settore manifatturiero.

1.1.2 Joint Implementation (JI)

Il *Joint Implementation* è un meccanismo attraverso il quale un membro dell'Annesso I può investire in progetti che riducano le emissioni o migliorino il sequestro di gas climalteranti in un altro paese dell'Annesso I e, grazie a ciò, riceve dei crediti per la riduzione delle emissioni. Le unità di permessi associati alla JI sono chiamate *emission reduction unit* (ERU).

Ci sono due approcci per la verifica della riduzione delle emissioni tramite il JI. La prima prevede che il paese che ospita il progetto operi le verifiche ed emetta la quantità di ERU corrispondente all'entità del progetto in esame. La seconda prevede la valutazione da parte di un ente indipendente.

1.1.3 Clean Development Mechanism (CDM)

Il *Clean development mechanism* è un sistema attraverso il quale un membro dell'Annesso I può investire in progetti effettuati in paesi non inclusi nell'Annesso I. I crediti del CDM possono essere generati tramite progetti di riduzione delle emissioni o di afforestazione e riforestazione. I progetti devono soddisfare precisi requisiti e seguire determinate procedure per la registrazione, validamento e verifica da parte degli enti preposti, per dimostrare che le riduzioni o le rimozioni siano addizionali rispetto a quello che sarebbe avvenuto in assenza del progetto.

Ad essi sono associate tre tipi di unità di riduzione: le *certified emission reductions* (CER), *temporary certified emission reductions* (tCER) e *long-term certified emission reductions* (lCER).

Il meccanismo viene approfondito nel terzo capitolo.

1.1.4 Risultati raggiunti nel primo periodo (2008-2012)

Nonostante non si possano analizzare dati definitivi sui risultati ottenuti nel primo periodo di attuazione (2008-2012), che saranno disponibili tra la fine del 2014 e il 2015, e considerando che i paesi hanno la possibilità di completare transazioni per soddisfare l'obiettivo entro 100 giorni dalla pubblicazione della valutazione, si possono trarre alcune considerazioni dai dati preliminari presentati dai paesi.

I risultati raggiunti dall'Europa sembrano in generale positivi. In accordo con il *Burden-sharing agreement* l'Europa a 15 ha spartito gli impegni di riduzione delle emissioni tra gli stati membri secondo i valori riportati nella tabella 1.3.

Tabella 1.3: Impegni di riduzione delle emissioni secondo il *burden-sharing agreement* Fonte: EEA.

	Emissioni totali nell'anno di riferimento [MtCO₂eq.]	Target assoluto (MtCO₂ eq.)	Target relativo all'anno di riferimento [%]
EU-15	4265,5	-341,2	-8,0
Germania	1232,4	-258,8	-21,0
Regno Unito	776,3	-97,0	-12,5
Italia	516,9	-33,6	-6,5
Danimarca	69,3	-13,6	-19,6
Paesi Bassi	213,0	-12,8	-6,0
Belgio	145,7	-10,9	-7,5
Austria	79,0	-10,3	-13,0
Lussemburgo	13,2	-3,7	-28,0
Francia	563,9	0	0
Finlandia	71,0	0	0
Svezia	72,2	2,9	4,0
Irlanda	55,6	7,2	13,0
Portogallo	60,1	16,2	27,0
Grecia	107,0	26,7	25,0
Spagna	289,8	43,5	15,0

Osservando la figura 1.4, nella pagina successiva, che rappresenta i risultati raggiunti dalle sole operazioni di riduzione delle emissioni attuate nel territorio, escludendo le azioni LULUCF e i meccanismi flessibili, nell'Europa dei 15, solo Lussemburgo, Austria, Spagna, Danimarca, Italia e i Paesi Bassi non hanno mantenuto gli impegni. Di questi però, solo i primi tre si allontanano in maniera significativa dai vincoli imposti e non sembrano poter raggiungere la soglia nemmeno considerando gli altri strumenti resi disponibili dal Protocollo. L'Italia in particolare, secondo un report della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, effettuato con i dati forniti dal Ministero dello Sviluppo Economico, dalle associazioni e dagli operatori del settore energetico sembra raggiungere una riduzione del 7%, considerando l'apporto dei meccanismi flessibili, mantenendo l'obiettivo fissato al 6,5%. Il risultato totale dell'EU-15 è stato positivo, segnando una riduzione delle emissioni del 12% rispetto all'anno di riferimento, dunque con un overperformance del 4%.

Gli altri membri dell'Unione Europea hanno perseguito i loro obiettivi in maniera individuale riuscendo a raggiungerli tutti eccetto la Slovenia.

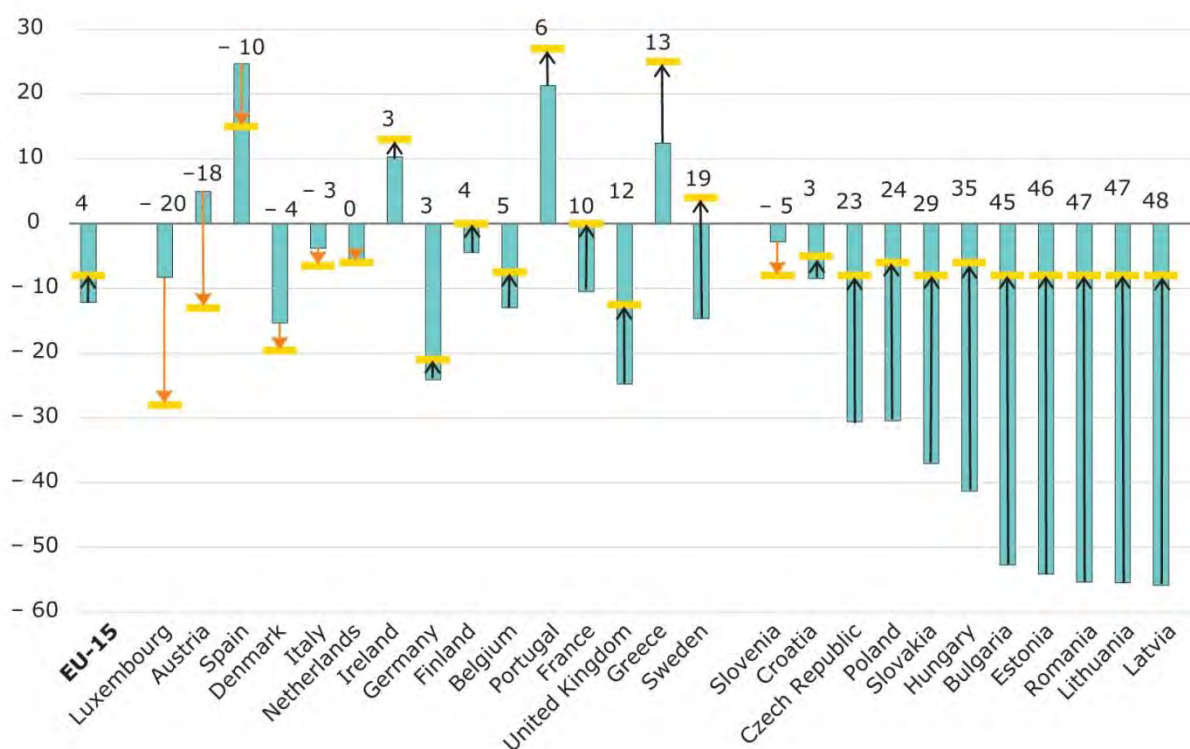


Figura 1.4: Risultati raggiunti dai paesi dell'Unione Europea al 2013. Ogni barra rappresenta la variazione percentuale delle emissioni comparate con l'anno di riferimento; le frecce rappresentano la differenza tra le emissioni e gli obiettivi, quantificati dai numeri sopra ogni barra (percentualmente). Un valore positivo (rappresentato da una freccia nera che punta in alto) indica che le emissioni totali sono state inferiori al target mentre viceversa per un valore negativo (rappresentato da una freccia arancione che punta verso il basso). Fonte: EEA.

1.1.5 Secondo periodo (2013-2020)

La diciottesima COP, svolta a Doha, Qatar, nel dicembre del 2012, ha sancito il secondo periodo del Protocollo di Kyoto, iniziato nel 2013 e che avrà termine nel 2020. Purtroppo i risultati di questa *conference of the parties* è stata molto deludente poiché si sono raccolte le adesioni solo di Unione Europea, Australia, Norvegia e Svizzera, responsabili del 15% circa delle emissioni globali. I 194 paesi partecipanti hanno lanciato a partire dal primo gennaio 2013 un nuovo percorso ai sensi del Protocollo di Kyoto, che rappresenta di fatto l'unico impegno climatico in attesa che nel 2020 entri in vigore il nuovo accordo vincolante sulle emissioni.

Anche la COP19, svoltasi a Varsavia nel dicembre 2013, ha portato sostanzialmente ad un nulla di fatto, in uno scenario internazionale in cui i paesi in via di sviluppo denunciano la scarsità dei finanziamenti a loro favore, mentre quelli sviluppati rifiutano di dare indicazioni precise sui piani di finanziamenti per i prossimi anni.

Si dovrà dunque aspettare la COP21, prevista per il dicembre 2015 a Parigi, che ha l'obiettivo di raggiungere l'accordo globale che dovrà entrare in vigore nel 2020.

Per quanto riguarda il sistema EU ETS, arrivato al suo terzo periodo, esso ha subito alcune modifiche, per equilibrare il mercato dei permessi di emissione e per modificare alcuni meccanismi. La *direttiva 2009/29/CE* recepita con il *decreto legislativo 13 marzo 2013, n.30*, che modifica la *direttiva 2003/87/CE* ha comportato i seguenti cambiamenti:

- Viene stabilito un unico cap europeo che sostituisce i limiti nazionali;
- Le aste diventano il metodo standard per assegnare i permessi. Entro il 2027 non verranno più allocati permessi gratuiti ma solo tramite asta;
- Per i permessi ancora assegnati gratuitamente, verranno applicati regolamenti armonizzati a livello europeo;
- Vengono inclusi altri settori coperti da vincoli (legati all'industria chimica e metallurgica).

Inoltre si è stimato un surplus delle quote di emissione circolanti nel sistema. Tale eccesso di quote ha raggiunto all'inizio della fase III dell'EU ETS i 2 miliardi di quote. La Commissione Europea ha pertanto proposto due linee d'intervento: una proposta di breve termine (*back-loading*) e un set di misure strutturali di riforma dell'ETS per il lungo termine (*carbon market report*). Nel paragrafo §3.3 si approfondiscono le dinamiche del mercato dei permessi di emissione.

1.2 La strategia 20-20-20

La strategia 20-20-20 nasce nel 2007 e deve le sue fondamenta al *Libro Verde, Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, del 2006. La strategia delinea un cammino comune europeo sulle rinnovabili, l'efficienza energetica e le emissioni di gas serra e pone come obiettivi al 2020 la riduzione dei gas ad effetto serra del 20% rispetto alle emissioni del 1990, la riduzione dei consumi energetici tramite l'aumento dell'efficienza del 20% e il raggiungimento della quota di produzione da energie rinnovabili del 20% dei consumi finali lordi di energia.

Dopo la dichiarazione di tale strategia, nel dicembre del 2008 è stato approvato il "Pacchetto Clima ed Energia" che istituisce sei strumenti legislativi europei volti a tradurre in pratica gli obiettivi al 2020:

- Direttiva Fonti Energetiche Rinnovabili (*Direttiva 2009/28/CE*);
- Direttiva "Emission Trading" (*Direttiva 2009/29/CE*);
- Direttiva sulla qualità dei carburanti (*Direttiva 2009/30/CE*);
- Direttiva "Carbon Capture and Storage" (*Direttiva 2009/31/CE*);
- Decisione "Effort Sharing" (*Decisione 2009/406/CE*);
- Regolamento "CO₂ auto" (*Regolamento 2009/443/CE*).

Ogni Stato membro deve contribuire al raggiungimento degli obiettivi in proporzione al proprio PIL pro capite e il target varia da una riduzione delle emissioni del 20% per gli stati più ricchi ad un aumento delle emissioni del 20% per gli stati più poveri. Nella figura 1.6 sono rappresentati i vincoli imposti ai singoli Stati membri.

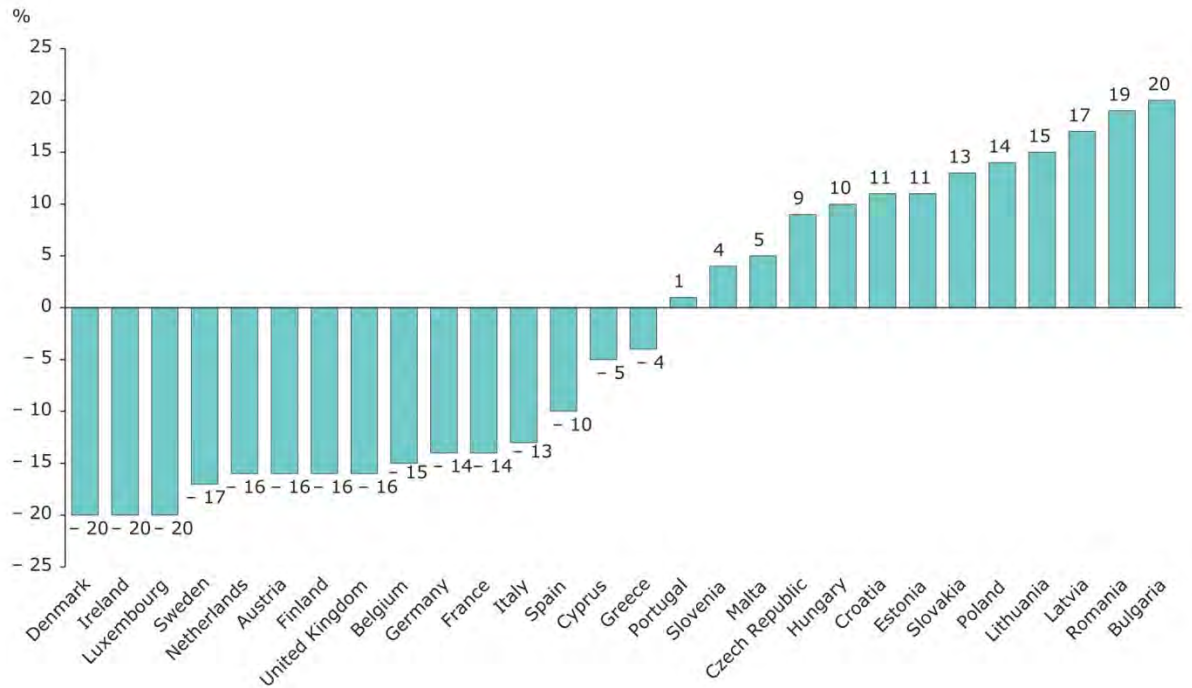


Figura 1.6: Obiettivi di riduzione delle emissioni di GHG degli stati membri nei settori non-ETS. Fonte: EEA.

Dei sei strumenti legislativi contenuti nel Pacchetto Clima-Energia, cinque hanno come obiettivo la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra:

- La Direttiva "Emission Trading (ETS)" (*Direttiva 2009/29/CE*) regola in forma armonizzata tra tutti gli Stati membri le emissioni in alcuni settori, che complessivamente pesano per circa il 41% delle emissioni europee. Il sistema è stato approfondito nel paragrafo §1.1.1, rapportandolo al meccanismo *Emissions Trading* nell'ambito del Protocollo di Kyoto;
- La Direttiva sulla qualità dei carburanti (*Direttiva 2009/30/CE*) richiede ai fornitori di ridurre, entro il 31 dicembre 2020, fino al 10% le emissioni di gas serra in atmosfera per unità di energia prodotte durante il ciclo di vita dei carburanti, rispetto alla quantità di gas serra prodotti nel medesimo ciclo di vita nel 2010;
- La Direttiva "Carbon Capture and Storage" (*Direttiva 2009/31/CE*) definisce un quadro regolatorio comune a livello europeo per la sperimentazione e lo sviluppo su scala industriale di progetti CCS;
- Il Regolamento sulle emissioni di CO₂ delle auto (*Regolamento 2009/443/CE*) impone ai produttori di autoveicoli di raggiungere standard minimi di efficienza per le auto

immatricolate per la prima volta nel territorio dell'Unione dal 2012. L'obiettivo medio che l'UE ha dato ai produttori di autovetture, espresso in grammi di emissioni di CO₂ per chilometro percorso, è pari a 130g/km entro il 2015. L'obiettivo annuale specifico di ciascun produttore è proporzionato alla massa media della flotta prodotta ed immatricolata. In caso di inadempienza, i produttori sono soggetti al pagamento di un'imposta per ogni grammo di CO₂ in eccesso rispetto all'obiettivo fissato annualmente e derivante dal parco auto venduto ed immatricolato. La Commissione europea ha recentemente avanzato una proposta di modifica al regolamento definendo le modalità operative per il raggiungimento dell'obiettivo al 2020 che è di 95g/km.

In aggiunta a queste misure si devono menzionare le Direttive 2010/75/EU e 2008/80/CE che regolano le emissioni industriali, la *Direttiva 2001/80/CE* sulla limitazione delle emissioni dei grandi impianti di combustione, il *Regolamento 2011/510/EU* sui veicoli commerciali leggeri le quali, insieme alle politiche e misure nazionali, sono volte al raggiungimento dell'obiettivo europeo.

I risultati raggiunti dagli Stati membri nell'ambito dei settori EU ETS sono già stati analizzati nel paragrafo §1.1.4, mentre nella tabella 1.4 vengono rappresentati i risultati al 2013 dei singoli paesi nei settori non-ETS. Venticinque paesi su ventisette, escludendo la Croazia di cui non si hanno dati sulle emissioni nel 2012, essendo entrata nell'Unione nel 2013, sono in linea con il primo target imposto per il 2013. Con le misure attualmente in azione però, solo quindici stati prevedono di riuscire ad avere una quantità di emissioni minore rispetto al vincolo al 2020. Si rende dunque necessaria l'implementazione di misure aggiuntive per alcuni stati, tra cui l'Italia, le cui previsioni vedono il raggiungimento a stento degli obiettivi al 2020. Tali misure, per il nostro paese sono già previste e sono: il piano d'azione nazionale per le energie rinnovabili del 2010 e quello per l'efficienza energetica del 2011, il *d.lgs. 28/2011* che recepisce la *Direttiva 28/2009* sulle energie rinnovabili, la *Direttiva 2010/31/CE* sull'efficienza energetica degli edifici, e le nuove misure per promuovere le rinnovabili elettriche, che in totale si stima possano portare ad una riduzione delle emissioni di 35,6MtCO₂, pari a circa il 10% rispetto alle emissioni del 2005⁷.

⁷ In Italia le emissioni dei settori non-ETS nell'anno di riferimento 2005 sono state di 340,6MtCO₂.

Tabella 1.7: Risultati dei singoli Stati membri nei settori non-ETS, al 2013. Fonte: EEA.

Stati	Emissioni dei settori non-ETS nel 2005 [MtCO _{2eq}]	Target dei settori non-ETS al 2013 [MtCO _{2eq}]	Emissioni dei settori non-ETS nel 2012 [MtCO _{2eq}]	Gap 2012-2013	
				Assoluto [MtCO _{2eq}]	Percentuale [%]
Austria	59,1	53,6	51,6	-2,0	-3
Belgio	82,6	81,2	77,9	-3,3	-4
Bulgaria	24,0	27,3	27,3	-0,1	0
Croazia ⁸	19,6	20,6	n.d.	n.d.	n.d.
Cipro	5,8	5,6	4,2	-1,4	-24
Danimarca	37,2	37,2	33,1	-2,8	-8
Estonia	5,6	6,1	7,5	1,3	23,8
Finlandia	34,8	32,7	31,6	-1,1	-3
Francia	422,2	397,9	376,9	-21,1	-5
Germania	508,8	487,1	476,7	-10,4	-2
Grecia	63,2	58,9	53,4	-5,5	-9
Irlanda	46,9	45,2	41,4	-3,8	-8
Italia	340,6	310,1	283,2	-27,0	-8
Lettonia	8,2	9,0	8,5	-0,5	-6
Lituania	16,2	16,7	16,3	-0,3	-2
Lussemburgo	10,4	9,7	10,2	0,4	4,1
Malta	1,055	1,114	1,081	-0,033	-3
Paesi Bassi	126,6	121,8	116,2	-5,6	-4
Polonia	179,5	179,5	180,4	-17,6	-10
Portogallo	49,0	47,7	44,2	-3,4	-7
Repubblica Ceca	62,7	63,6	58,3	-5,2	-8
Regno Unito	380,7	350,4	335,0	-15,4	-4
Romania	75,7	79,1	72,4	-6,7	-9
Slovacchia	24,2	25,1	21,6	-3,5	-15
Slovenia	11,6	11,9	11,5	-0,4	-3
Spagna	239,5	228,9	207,1	-21,8	-9
Svezia	45,6	42,5	42,4	-3,0	-6
Ungheria	51,8	49,3	39,6	-6,9	-13

⁸ Essendo entrata nell'Unione nel 2013, non si hanno dati delle emissioni della Croazia dei settori non-ETS nel 2012.

1.2.2 Quota delle energie rinnovabili

La *Direttiva 2009/28/CE del 23 aprile 2009 (Renewable energy Directive, RED)* regola gli strumenti per perseguire l'obiettivo sulla quota di produzione di energia da fonti rinnovabili.

Nel testo viene approfondito il tema dei biocombustibili, per il loro impatto diretto sui trasporti e sulla produzione di energia termica ed elettrica. In sostanza, la Direttiva fissa regole e criteri di sostenibilità ai quali le aziende della filiera produttiva devono attenersi: tra essi, il divieto di utilizzare terreni ricchi di carbonio (che provocherebbero il rilascio di anidride carbonica in atmosfera) o di effettuare disboscamenti allo scopo di creare terreni coltivabili per le biomasse, l'utilizzo efficiente di risorse idriche, il mantenimento del pH del terreno, il divieto di distruggere piantagioni autoctone per sostituirle con altre, il rispetto degli ecosistemi e della biodiversità. Lo scopo è quello di promuovere, ove possibile, l'utilizzo di terreni incolti, altrimenti difficili da utilizzare per scopi alimentari, e di sostenere la riqualificazione di terreni semi-aridi. Accanto a questi ci sono altri requisiti di tipo etico-sociale, ad esempio il rispetto delle condizioni di lavoro, che rispondono a un'idea ancora più ampia del concetto di sostenibilità.

Il cuore della Direttiva è però la determinazione degli obiettivi vincolanti sui consumi finali di energia dell'Unione Europea che dovranno essere soddisfatti, per una quota di almeno del 20%, da fonti rinnovabili, e sulla quota delle RES per i trasporti che dovrà raggiungere il 10% in ogni paese. Ogni Paese membro deve redigere un *National renewable energy action plan (NREAP)*, ovvero un piano che delinei i traguardi intermedi stabiliti per raggiungere l'obiettivo vincolante al 2020. Questo documento deve essere prodotto ogni due anni e ha lo scopo di valutare i progressi dei paesi membri.

Nella formulazione della Direttiva, un passaggio delicatissimo è stato quello della ripartizione dell'obiettivo sui consumi finali di energia fra i vari Stati. Per non gravare sui paesi entrati da poco nell'Unione, già impegnati con diversi problemi di adeguamento dei loro sistemi economici e normativi, non si è utilizzato né il criterio delle potenzialità né il criterio di ottimizzazione economica delle risorse per la realizzazione degli interventi. Partendo da una stima del livello degli usi finali previsto nel 2020 e da una valutazione del contributo fornito dalle fonti rinnovabili nel 2005, l'espansione da realizzare è stata divisa in due parti, una uguale per ogni paese, la seconda legata alla popolazione e al PIL; per l'Italia è risultato un obiettivo del 17%, da ripartire a sua volta fra le Regioni tramite il *burden sharing*.

Nella figura 1.7 sono rappresentati gli obiettivi e i progressi raggiunti dagli Stati membri all'anno 2011.

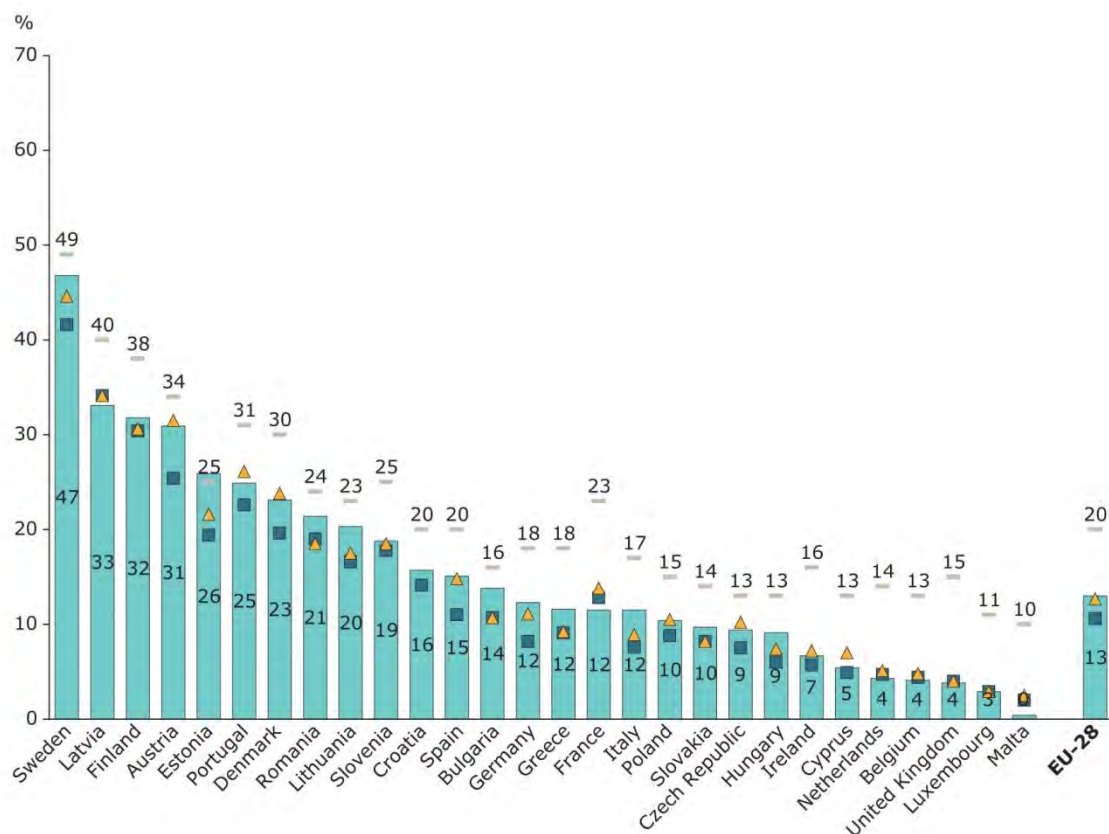


Figura 1.7: Quota delle RES nei consumi lordi finali di energia nei paesi dell'Unione Europea. Le barre azzurre rappresentano la quota attuale delle fonti rinnovabili al 2011, i quadrati blu rappresentano il target indicativo della Direttiva RED, i triangoli gialli rappresentano le quote attese nel 2011-2012 dagli NREAP e i trattini rappresentano l'obiettivo del 2020. Fonte: EEA.

Nel 2011, quattordici paesi membri erano in linea con gli obiettivi intermedi e con i risultati attesi dai Piani Nazionali verso il target del 2020, sette paesi avevano raggiunto il target intermedio RED ma non erano in linea con gli obiettivi NREAP e sei paesi membri non avevano ancora raggiunto né gli obiettivi intermedi RED, né gli obiettivi dei Piani Nazionali. La Croazia ha raggiunto gli obiettivi indicativi RED ma, essendo entrata nell'Unione nel 2013, non ha prodotto nessun NREAP per valutare i progressi compiuti. Nel complesso l'UE-27 ha raggiunto la quota del 13% di produzione rinnovabile sui consumi lordi finali, superando sia i livelli RED (10,8%), sia i livelli NREAP (12,7%).

A livello nazionale, la maggior parte dei paesi membri ha adottato incentivi finanziari (sussidi, prestiti a tasso agevolato) o incentivi fiscali (riduzione o deduzione delle tasse per investimenti in macchinari efficienti) per promuovere le energie rinnovabili e ha implementato strumenti come le *feed-in tariffs*⁹ e/o i certificati verdi¹⁰.

⁹ Le *feed-in tariffs* sono dei contributi finanziari erogati per kWh di energia prodotto, che varia a seconda della potenza dell'impianto installato.

¹⁰ I certificati verdi sono una forma di incentivazione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili che si basa su degli obblighi imposti a dei soggetti (generalmente le imprese energivore), vincolati a produrre una percentuale dell'energia utilizzata da fonti rinnovabili, oppure a comprare i titoli negoziabili (i certificati) da altri soggetti.

Nella figura 1.8 sono rappresentati gli andamenti storici fino al 2011 e gli andamenti attesi dal NREAP e dalla RED dell'UE-28.

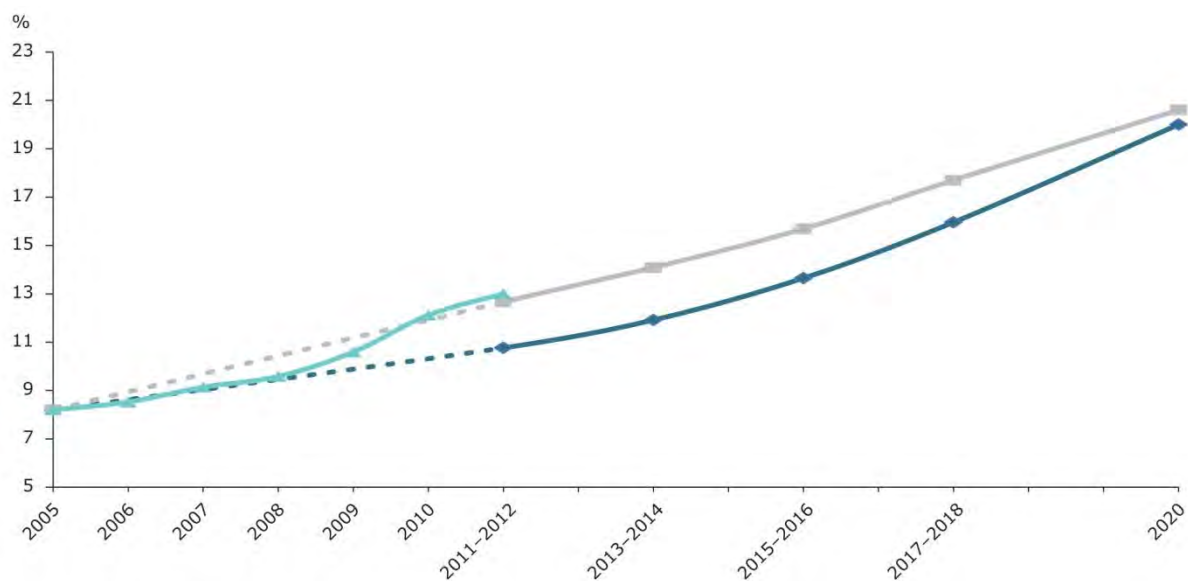


Figura 1.8: Progresso al 2011 nell'UE-28, traiettoria indicativa RED e traiettoria attesa NREAP. Fonte: EEA.

Tra il 2005 e il 2011 il settore delle rinnovabili si è sviluppato rapidamente, con un tasso di crescita molto sostenuto tra il 2008 e il 2010. Tra il 2010 e il 2011 la crescita ha subito una battuta d'arresto, attribuibile alla crisi economica e alla mancanza di liquidità degli investitori e operatori, e agli aggiustamenti delle politiche di supporto alle rinnovabili dei singoli Stati.

Secondo le previsioni dei rapporti NREAP, ventitré paesi su ventisette raggiungeranno gli obiettivi vincolanti e dieci avranno un overperformance (stimata attorno ai 5,5Mtep, attorno al 2% delle rinnovabili totali attese al 2020) che consentirà ai quattro paesi previsti in deficit (Belgio, Italia, Lussemburgo e Malta, che in totale si stima avranno una underperformance di circa 2Mtep, pari a meno dell'1% delle RES totali previste al 2020), di soddisfare i vincoli tramite i meccanismi di cooperazione previsti dalla RED all'articolo 11, che permettono il trasferimento di importi di energia prodotta da RES da un paese ad un altro.

1.2.3 Aumento dell'efficienza energetica

Nell'ottobre del 2012 l'Unione Europea ha adottato la *Direttiva 2012/27/EU (EED)* per contrastare l'inerzia dei paesi membri nell'adozione di misure volte a raggiungere l'obiettivo sull'efficienza energetica. L'implementazione della direttiva è attesa portare ad una riduzione dell'energia primaria del 15% con un addizionale 2% atteso nel settore dei trasporti. Il raggiungimento di tali obiettivi è previsto in due step: nel primo gli Stati membri dovranno indicare i propri target nazionali, nel secondo tali target saranno analizzati e, se considerati insufficienti per contribuire significativamente agli obiettivi europei, verranno assegnati al posto di essi dei target vincolanti da parte della Commissione Europea. Come richiesto dalla

direttiva, tutti i paesi, eccetto Croazia e Slovenia, hanno fissato i propri obiettivi in termini di energia primaria e in termini di energia finale, rappresentati nelle figure 1.9 e 1.10.

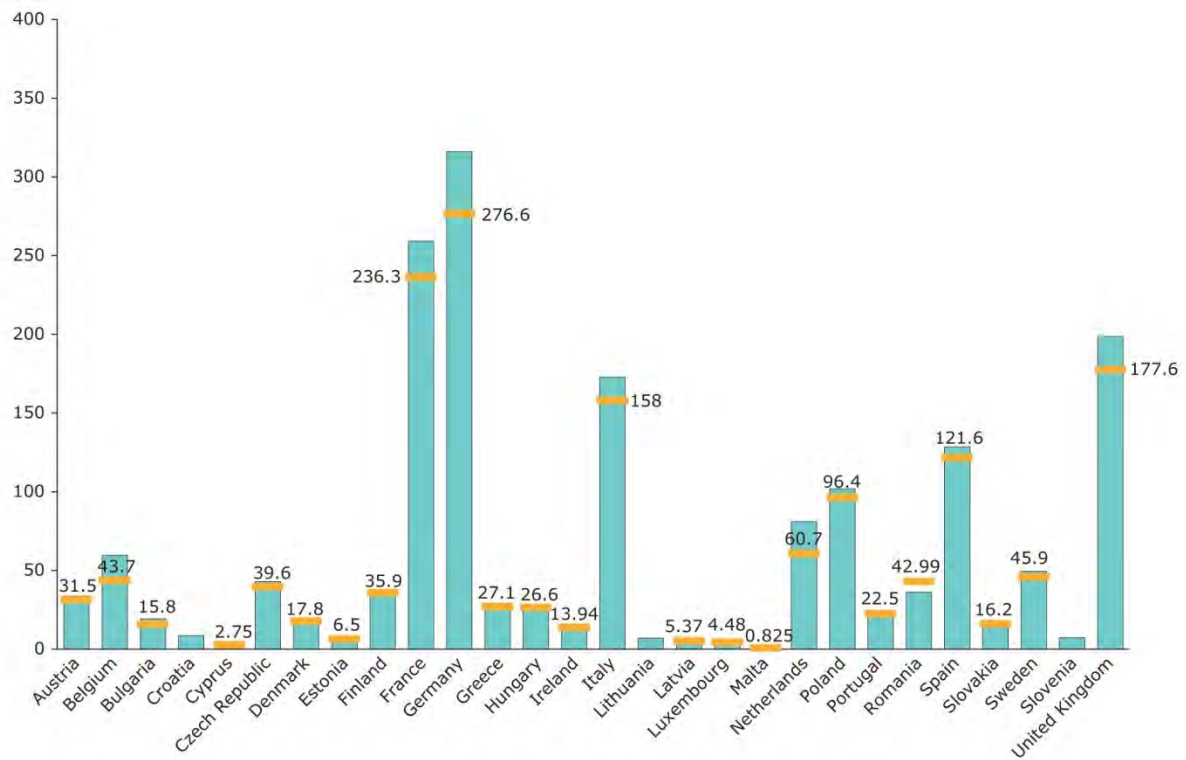


Figura 1.9: Consumi di energia primaria nel 2011 in Mtep (barre azzurre) e obiettivi nazionali per il 2020 (linee gialle). Fonte: EEA.

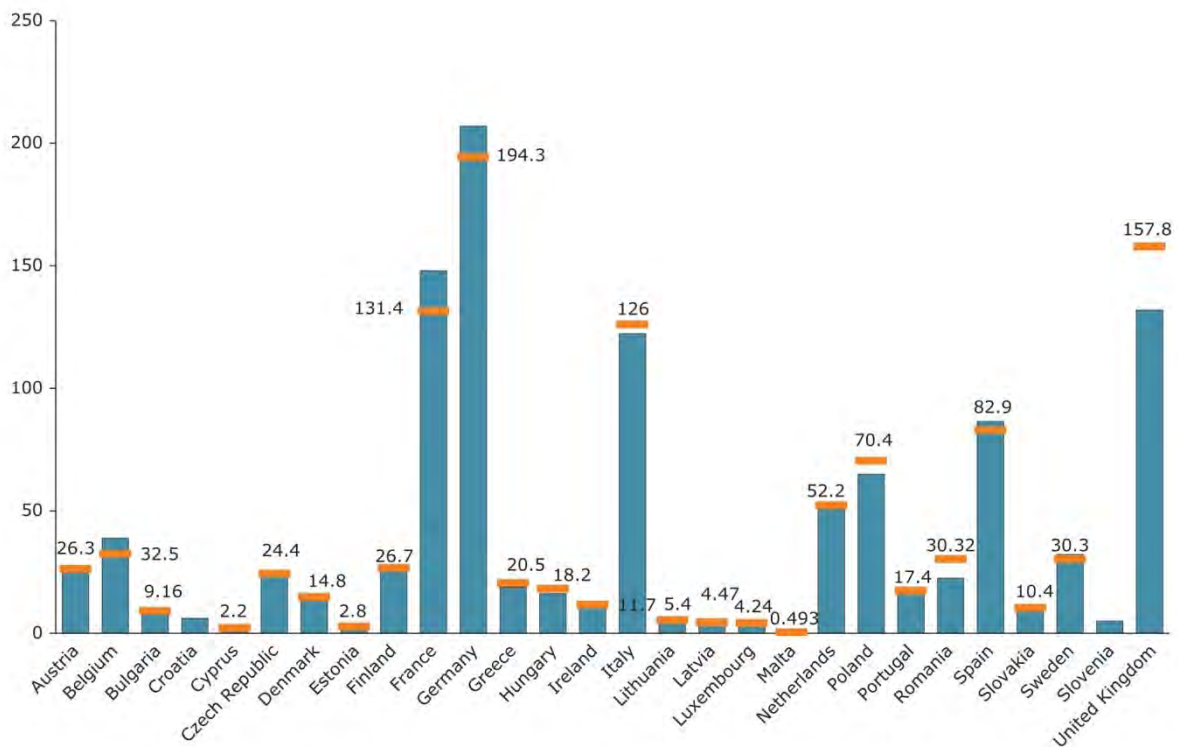


Figura 1.10: Consumi di energia finale nel 2011 (barre blu) e obiettivi nazionali per il 2020 (linee arancioni). Fonte: EEA.

Gli obiettivi di ciascuna nazione riflettono la specifica situazione dei paesi, dunque variano anche di molto tra l'uno e l'altro. In Italia gli obiettivi sono piuttosto ambiziosi e prevedono una diminuzione dell'energia primaria contestuale ad un aumento dei consumi finali.

Gli strumenti comuni adottati a livello di Unione per sostenere l'aumento dell'efficienza energetica, oltre alla EED sono: la *Direttiva 2010/31/CE* sull'efficienza energetica degli edifici (EPBD) che stabilisce una strategia comunitaria per lo sviluppo di un parco edilizio *low-energy*, l'*Energy Efficiency Action Plan* del 2011 che stabilisce le priorità delle politiche da adottare dai Paesi dell'Unione, la *Direttiva 2010/30/CE (EU Labelling Directive)* e la *Direttiva 2009/125/CE (EU eco-design)* relative all'indicazione dei consumi di energia e di altre risorse e di specifiche per la progettazione ecocompatibile di prodotti connessi all'energia, i regolamenti *CE/443/2009* e *UE/510/2011* sulla limitazione delle emissioni per i veicoli passeggeri e per i veicoli leggeri da trasporto e la *Direttiva 2009/33/CE* sulla promozione di veicoli da trasporto verdi ed efficienti.

In alcuni paesi sono state adottate misure aggiuntive come incentivi fiscali, promozione dei trasporti pubblici, diffusione dell'informazione e audit energetici gratuiti. Tra queste misure ci sono i certificati bianchi, strumento che verrà approfondito nel Capitolo 2.

I risultati ottenuti finora a livello europeo non sono completamente soddisfacenti. La EEA valuta che solo quattro paesi (Bulgaria, Danimarca, Francia e Germania) abbiano intrapreso misure sufficienti per raggiungere gli obiettivi, quindici devono implementare ulteriori misure e otto hanno ottenuto finora progressi limitati. Nella tabella 1.8 sono riassunti i risultati dei Paesi Membri e la valutazione sintetica dell'EEA.

Tabella 1.9: Risultati dei paesi membri in termini di variazione dei consumi di energia primaria e finale. Il simbolo "+" esprime un giudizio positivo dell'EEA, il simbolo "." neutro, il simbolo "-" negativo. Segue alla pagina successiva. Fonte: EEA.

Stati	Variazione nei consumi di energia primaria (2005-2011) [Mtep]	Variazione nei consumi di energia finale (2005-2011) [Mtep]	Variazione media annuale nei consumi di energia primaria (2005-2011) [%]	Valutazione sintetica EEA
Austria	0	-1	-1,8	+
Belgio	+1	+2	-1,1	.
Bulgaria	-1	-1	-3,2	+
Cipro	0	0	-1,1	-
Danimarca	-1	-1	-0,8	+
Estonia	+1	0	+0,3	-
Finlandia	+1	0	-0,8	.
Francia	-17	-14	-1,9	+
Germania	-30	-22	-3,1	+
Grecia	-3	-2	-0,8	.

Irlanda	-1	-2	-2	.
Italia	-16	-12	-1,3	-
Lettonia	0	0	-1,1	.
Lituania	-2	0	-5,3	.
Lussemburgo	0	0	-2,6	-
Malta	0	0	+0,4	-
Paesi Bassi	-1	-2	-1,5	.
Polonia	+9	+6	-3	.
Portogallo	-3	-2	-2,4	.
Repubblica Ceca	-2	-1	-3,2	.
Regno Unito	-35	-20	-3,3	.
Romania	-3	-3	-3,7	-
Slovacchia	-2	0	-5,7	-
Slovenia	0	0	-1,6	.
Spagna	-16	-11	-2,7	-
Svezia	-2	-1	-2,6	.
Ungheria	-2	-2	-1,7	.

1.3 Politiche europee al 2030 e al 2050

Con la pubblicazione del *Libro Verde "Un quadro per le politiche dell'Energia e del Clima all'orizzonte del 2030"* il 27 marzo 2013, la Commissione ha avviato il dibattito per la revisione della strategia 20-20-20 e per rimodularne la portata al 2030. La revisione del Pacchetto Clima-Energia ha come obiettivo la riformulazione del quadro regolatorio a partire dalle lezioni apprese dal passato e mira a fornire un quadro di sufficiente certezza per gli investitori con un orizzonte temporale ampio. Con queste premesse, la Commissione, il 22 gennaio 2014, ha fissato nuovi obiettivi vincolanti per le emissioni di gas ad effetto serra e per la quota delle rinnovabili e ha stabilito una serie di priorità al 2030, che sono:

- Target di riduzione delle emissioni di GHG: fissato al 40% rispetto al 1990, con obiettivi vincolanti nazionali distribuiti con gli stessi criteri delle politiche già adottate;
- Target di produzione da fonti rinnovabili: fissato al 27% dei consumi lordi finali, con previsioni di produzione elettrica da rinnovabili al 45%. Rispetto alle politiche adottate in precedenza, l'obiettivo sarà vincolante a livello europeo, senza obiettivi nazionali;

- Target per l'efficienza energetica: non viene fissato nessun target vincolante ma si lascia la possibilità di emendare la Direttiva sull'efficienza energetica nel giugno 2014. Si indicano comunque come drivers per l'aumento dell'efficienza energetica le Direttive emesse per i singoli settori: macchinari, veicoli, edifici, eccetera;
- Riforma del sistema ETS: viene proposta l'adozione di una *market stability reserve* per equilibrare gli scompensi del terzo periodo in scadenza al 2020, causati dal trattenimento delle quote in surplus. Viene comunque confermata l'importanza centrale del meccanismo per la riduzione dei GHG;
- Mercati integrati: si presenta l'obiettivo del completamento del mercato interno di gas ed elettricità, processo iniziato alla fine degli anni '90;
- Prezzi per l'energia competitivi per tutti i consumatori: si vuole assicurare un prezzo dell'energia che non danneggi la competitività dell'Europa rispetto agli altri paesi;
- Sicurezza dell'approvvigionamento: si vuole promuovere la diversificazione delle fonti, l'aumento dell'efficienza energetica e l'incremento della quota delle rinnovabili per diminuire la dipendenza energetica dell'Europa, prevista dall'IEA in uno scenario BAU al 90% nel 2035.

Tali obiettivi tengono conto della “Roadmap per una economia competitiva e low-carbon al 2050” e dell’”Energy Roadmap al 2050”, stilati dalla Commissione Europea. Il primo documento, alla luce della necessità di contrastare il cambiamento climatico e limitarlo ad un aumento della temperatura globale di 2°C, e cercando di sfruttare le possibilità tecnologiche, proponendosi come leader mondiale nella green economy, propone un cammino per trasformare l'economia dell'UE in maniera efficiente e competitiva. In particolare si parla di:

- Tagliare le emissioni dell'Unione dell'80%, rispetto ai livelli del 1990, con misure interamente intraprese nei propri confini. Gli step intermedi sono del 40% al 2030 e del 60% al 2040;
- Aumentare l'efficienza energetica;
- Investire per produrre energia elettrica pulita.

Il secondo documento, considerando gli obiettivi della *low-carbon roadmap* e tenendo in considerazione che le politiche energetiche, per avere efficacia, devono avere orizzonti temporali ampi, afferma le priorità imposte al 2050, che sono fundamentalmente le stesse annunciate nella comunicazione della Commissione del 2014, ovvero l'efficienza energetica, l'integrazione dei mercati, lo sviluppo delle infrastrutture, la sicurezza dell'approvvigionamento e gli investimenti in tecnologie a bassa emissione di carbonio.

Infine per il settore dei trasporti bisogna menzionare il Libro bianco del 2011 “*Roadmap to a Single European Transport Area*” che stabilisce la messa al bando dei veicoli convenzionali dalle città, il potenziamento delle ferrovie e l'aumento dei suoi utenti, e la riduzione delle emissioni del settore del 60% al 2050.

Capitolo 2

Focus su Titoli di Efficienza Energetica (TEE), Certificats d'Économie d'Énergie (CEE) e certificati bianchi in altri paesi europei

Il meccanismo dei certificati bianchi ha trovato applicazione in diversi paesi membri dell'Unione Europea come una delle alternative più diffuse per l'incentivazione dell'efficienza energetica, sostenuta dalla Commissione europea nella vasta legislazione prodotta negli ultimi anni. In Gran Bretagna è stato adottato il primo esempio di tale schema già nel 2002, sebbene non imponesse obblighi vincolanti, seguito dalle esperienze di altri paesi europei tra cui Italia e Francia.

L'obbligo di risparmi annuali viene definito a livello nazionale e ripartito in capo a diversi soggetti, tenuti a produrre e a presentare anno per anno un certo target di risparmi. Per il lavoro di consulenza per Piovan S.p.A. è stata svolta una ricerca approfondita sui dispositivi, le leggi e i regolamenti che disciplinano i certificati bianchi, adottati in Italia, e i certificats d'économie d'énergie, adottati in Francia, e una rassegna degli strumenti che incentivano l'efficienza energetica, adottati in altri paesi dell'UE. L'interesse da parte di Piovan S.p.A. nel focalizzarsi su questi temi, nota la leadership dell'azienda nella produzione di macchinari energeticamente efficienti, deriva dalla volontà di accedere agli incentivi previsti dai suddetti strumenti e aumentare, dunque, la propria competitività. In questo capitolo verranno esposti i meccanismi, il loro quadro legislativo, i risultati raggiunti e le previsioni per il futuro, mentre si rimanda al quarto capitolo per la trattazione delle opportunità di mercato specifiche per Piovan S.p.A.

2.1 I Titoli di efficienza energetica

2.1.1 L'incentivazione del risparmio energetico in Italia

I certificati bianchi, noti anche come titoli di efficienza energetica (TEE), sono un meccanismo che favorisce l'efficienza energetica, aumenta la competitività e, al contempo, il risparmio di energia primaria al fine di ridurre la dipendenza energetica dall'estero.

Prima dell'adozione dei CB, l'uso razionale dell'energia fu promosso in Italia tramite la *legge 29 maggio 1982 n°308*, con la quale venne introdotta la prima campagna di incentivi a favore dell'edilizia, dell'agricoltura e dell'industria, a sostegno della politica energetica nazionale. La legge si proponeva di incentivare il contenimento dei consumi energetici e l'utilizzazione delle fonti rinnovabili quali il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche e la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali. Essa considerava fonte rinnovabile anche il calore di recupero negli impianti di produzione di energia elettrica, e dai fumi di scarico di impianti termici e processi industriali. I singoli interventi che poterono beneficiare degli incentivi erano individuati da apposite schede tecniche. I finanziamenti erano erogati in conto capitale o in conto interessi e, in complesso, il meccanismo ha generato un risparmio annuo pari a circa 8Mtep di energia primaria (nel 1987 ha rappresentato il 5% del consumo di energia primaria, attestatosi a 153Mtep). Un esempio degli interventi di maggior successo fu il decollo dei programmi di teleriscaldamento delle aziende municipalizzate.

In seguito venne emanata la *legge 9 gennaio 1991 n°10*, la quale confermava nella sostanza l'impianto della precedente legge, ma si distingueva da essa per la competenza dell'erogazione dei finanziamenti che spettava, per interventi di maggior rilievo tecnico-economico, al Ministero dell'industria, per tutti gli altri alle regioni. Inoltre tutti gli incentivi erano erogati esclusivamente in conto capitale e furono aggiunte nuove schede tecniche.

Il 24 aprile 2001 furono emanati, da parte del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con il Ministro dell'ambiente i decreti *«Individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili»*, superati poi dai decreti 20 luglio 2004 emessi dal Ministro delle attività produttive di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio *«Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili»*, e dalle ulteriori modifiche e integrazioni apportate dal *decreto ministeriale 21 dicembre 2007*, e dal *decreto legislativo 30 maggio 2008 n.115*. Questi decreti definiscono un nuovo approccio normativo tendente all'incremento dell'efficienza energetica sul territorio nazionale e introducono il sistema dei *titoli di efficienza energetica* (TEE). Tale iniziativa è la prima, a livello mondiale, ad essere realizzata in maniera vincolante, e non solamente volontaria.

L'ultimo intervento regolatorio, il *decreto ministeriale 28 dicembre 2012*, ha introdotto il nuovo regime dei TEE. Poiché esso non modifica la struttura di base dei decreti precedenti,

che hanno avuto origine nel 2001, è sembrato opportuno descrivere la legislazione attuale in maniera approfondita, evidenziando, se necessario, di volta in volta, le differenze più significative tra il nuovo regime ed il precedente.

2.1.2 Legislazione attuale (DM 28/12/12)

Il meccanismo previsto dalla legislazione vigente si fonda sulla presenza di soggetti obbligati a raggiungere obiettivi annuali di risparmio energetico. Il risparmio, definito dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas nella delibera EEN 9/11 come «*la differenza nei consumi di energia primaria prima e dopo la realizzazione di un intervento o di un progetto, misurata in tonnellate equivalenti di petrolio¹¹*», viene contabilizzato tramite i certificati bianchi, che sono pari ad un tep risparmiato.

I soggetti obbligati sono, nello specifico, le aziende distributrici di gas e/o energia elettrica che abbiano un parco di clienti finali superiore alle 50000 unità. Gli obiettivi di risparmio fissati dai *decreti 20/7/04*, aggiornati col successivo *decreto 21/12/07* e infine col *decreto 28/12/12*, sono mostrati nella tabella 2.1.

Tabella 2.1. Obiettivi di risparmio energetico annuali per distributori di gas e di elettricità. Fonte: DM 28/12/12.

Anno	Obiettivi [Mtep/a]
2005	0,2
2006	0,4
2007	0,8
2008	2,2
2009	3,2
2010	4,3
2011	5,3
2012	6,0
2013	4,6
2014	6,2
2015	6,6
2016	7,6

Ad ogni singolo soggetto viene assegnata una quota di risparmio proporzionale al rapporto tra la quantità di gas, o elettricità, che distribuisce e la quantità globale distribuita sul territorio nazionale dalle imprese soggette all'obbligo. Per raggiungere la soglia assegnata loro, esse possono agire in prima persona per migliorare l'efficienza energetica negli usi finali, contenere le perdite di energia e adottare l'uso di fonti rinnovabili o possono comprare da altri soggetti i certificati bianchi.

¹¹ La tonnellata equivalente di petrolio (tep) o, in inglese *tonne of oil equivalent (toe)*, rappresenta la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo. E' un valore fissato convenzionalmente a 41,868GJ, corrispondenti a 11630,907kWh o a 10^7 kcal. L'AEEG, con la delibera EEN 3/08, ha fissato inoltre il valore del fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria in $0,187 \times 10^{-3}$ tep/kWh, avendo fissato il rendimento del sistema nazionale di produzione e distribuzione dell'energia elettrica al 46% circa.

In questo quadro si inseriscono i soggetti volontari, che possono entrare nel meccanismo individuando ed attuando misure di miglioramento dell'efficienza, per poi farsi riconoscere i risparmi dal GSE, ottenere i certificati bianchi e venderli ai soggetti obbligati mediante contrattazione bilaterale o attraverso uno specifico mercato dei TEE, piattaforme gestite e coordinate dal GME. Infatti, in coerenza con il teorema di Coase, la generazione di un mercato in cui i titoli possono essere liberamente contrattati, dovrebbe assicurare un'allocazione efficiente delle risorse: interventi effettuati da chi è nella posizione di farli al minor costo, e TEE acquistati da chi li valuta di più. I soggetti volontari sono:

- I distributori di energia elettrica e gas con meno di 50000 clienti finali;
- Le società di servizi energetici (SSE) e società controllate dai soggetti obbligati;
- Le società con obbligo di nomina di un energy manager (SEM);
- Imprese ed enti pubblici conformi alla ISO 50001 o con energy manager volontario (categoria introdotta dal DM 28/12/12).

Nel caso in cui i soggetti obbligati non raggiungano la soglia del 60% del vincolo annuale assegnato loro tramite interventi diretti di efficienza energetica o tramite acquisto di certificati bianchi sulle piattaforme di scambio entro il 31 maggio dell'anno successivo, scattano delle sanzioni, altrimenti possono ottenere il recupero in tariffa per l'ammontare di titoli costituente l'obbligo, e ottemperare agli obblighi rimanenti nel biennio seguente. Il recupero in tariffa è un contributo che grava sulle tariffe di distribuzione di energia elettrica e gas naturale, a totale o a parziale copertura dei costi da sostenere per il raggiungimento degli obiettivi, ed è stabilito dall'AEEG. Per l'anno 2012 il suo valore è stato fissato a 86,98€/tep. Si può prevedere che, nel caso in cui il recupero tariffario sia molto più basso del prezzo di mercato, i distributori sfrutteranno la possibilità di bancabilità dei TEE e la possibilità di dilazionare gli obblighi in previsione di un aumento dell'entità del recupero tariffario. I titoli infatti possono essere accumulati e posizionati sul mercato entro un anno dalla loro emissione, tuttavia, per limitare al massimo possibili manovre speculative e fluttuazioni del prezzo dei titoli, l'*articolo 2 comma 7 del decreto MSE 21/12/07* introduce un meccanismo disincentivante a tale comportamento.

Gli enti che regolano l'intero meccanismo dei certificati bianchi sono l'Ente Nazionale per le Energie Alternative (ENEA), la Ricerca sul Sistema Energetico S.p.A. (RSE) e il Gestore dei Servizi Energetici (GSE). Il nuovo DM 28/12/12 assegna al GSE la responsabilità dell'autorizzazione all'emissione dei CB, della valutazione economica dei TEE e del controllo del risparmio energetico ottenuto. Il compito di effettuare la valutazione tecnica degli interventi di efficienza energetica e del risparmio energetico ottenuto è invece affidato all'ENEA, al quale, con l'introduzione del nuovo decreto che ha portato ad un ampliamento della platea dei soggetti ammissibili, è stato affiancato l'RSE. L'intero meccanismo è descritto in figura 2.1, alla pagina seguente.

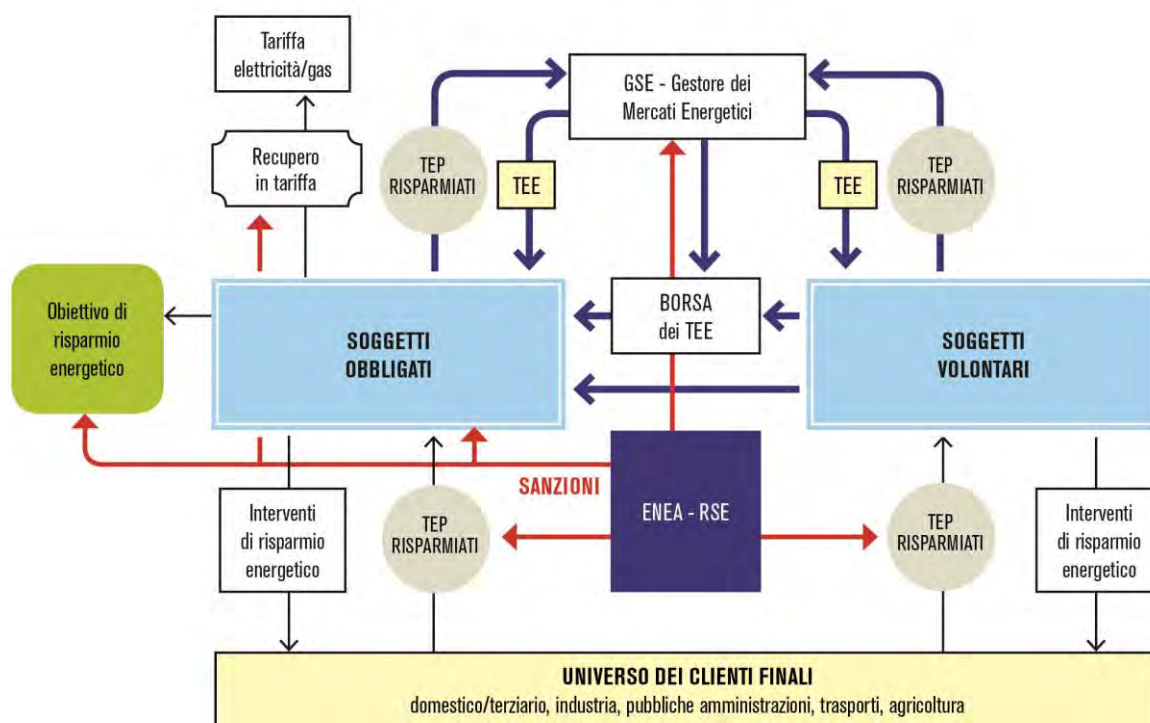


Figura 2.1. Descrizione del meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica. Fonte: rielaborazione da figura ENEA.

A seconda del tipo di energia risparmiata si possono ottenere sei tipi di titoli:

1. Tipo I: attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso una riduzione dei consumi di energia elettrica;
2. Tipo II: attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso una riduzione dei consumi di gas naturale;
3. Tipo II-CAR: attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria, la cui entità è stata certificata sulla base di quanto disposto dal DMSE 4/8/2011 e DM 5/9/2011, riguardante la cogenerazione ad alto rendimento;
4. Tipo III: attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale non destinate all'impiego per autotrazione;
5. Tipo IV: attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti e valutati con le modalità previste dall'articolo 30 del *decreto legislativo 3 marzo 2011, n.28*.¹²;
6. Tipo V: attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti e valutati attraverso modalità diverse da quelle previste per i titoli di tipo IV.

¹² Il D.Lgs. n.28 prevede che l'ENEA produca schede standardizzate aventi per oggetto «diffusione di automezzi elettrici, a gas naturale e a GPL». L'AEEG ha perciò voluto separare questa categoria dalla V, che non conterrà schede standardizzate.

I titoli di efficienza energetica ai sensi dell'*art.10 del DM 28/12/12*, all'entrata in vigore del suddetto decreto «non sono cumulabili con altri incentivi, comunque denominati, a carico delle tariffe dell'energia elettrica e del gas e con altri incentivi statali, fatto salvo, nel rispetto delle rispettive norme operative, l'accesso a:

- Fondi di garanzia e fondi di rotazione;
- Contributi in conto interesse;
- Detassazione del reddito d'impresa riguardante l'acquisto di macchinari e attrezzature».

La tabella 2.2 riassume gli incentivi cumulabili e non cumulabili con il meccanismo dei TEE.

Tabella 2.2. Cumulabilità del meccanismo dei TEE con altre forme di incentivi. Fonte: rielaborazione da ENEA.

Non cumulabili con	Cumulabili con
Incentivi sull'energia elettrica FER e il gas (Certificati Verdi, Tariffa Onnicomprensiva)	Fondi di garanzia
Incentivi statali	Fondi di rotazione
Detrazioni fiscali	Contributi in conto interesse e detassazioni
Ecobonus (sostituzione di veicoli inquinanti)	Incentivi riconosciuti a livello regionale
Finanziamenti statali	Agevolazioni fiscali nella forma di credito di imposta a favore del teleriscaldamento

2.1.3 I progetti di risparmio

La delibera dell'AEEG *EEN 9/11* che contiene le linee guida per la preparazione, esecuzione e valutazione dei progetti e per la definizione dei criteri e delle modalità per il rilascio dei TEE, individua tre metodi per la valutazione delle proposte:

- Metodi di valutazione standardizzata
- Metodi di valutazione analitica
- Metodi di valutazione a consuntivo

Prima di descrivere tali metodi, è necessario menzionare gli elementi su cui esse si fondano:

- La vita utile (U) è stabilita a 8 anni per gli interventi per l'isolamento termico degli edifici, il controllo della radiazione entrante attraverso le superfici vetrate durante i mesi estivi, le applicazioni delle tecniche dell'architettura bioclimatica, del solare passivo e del raffrescamento passivo; a 5 anni negli altri casi.
- La vita tecnica (T) è definita dalla EEN 9/11 come «il numero di anni successivi alla realizzazione dell'intervento durante i quali si assume che gli apparecchi o dispositivi installati funzionino e inducano effetti misurabili sui consumi di energia». Essa può variare da zero a trent'anni, a seconda del tipo di intervento. E' molto importante perchè i TEE vengono riconosciuti per l'intera vita tecnica, anche se sono erogati nel corso della vita utile.

- Il coefficiente di durabilità (τ) è un coefficiente moltiplicatore del risparmio annuo funzione di U , di T e di un tasso di decadimento dei risparmi (δ), assunto pari al 2% annuo. E' definito secondo l'equazione:

$$\tau = 1 + \frac{\sum_{i=U}^{T-1} (1 - \delta)^i}{U} \quad (2.1)$$

- Il coefficiente di addizionalità (a) tiene conto dell'evoluzione tecnologica che avrà luogo nel corso degli anni e che innalzerà la baseline di riferimento per la determinazione dei risparmi. Il suo valore è pari o inferiore al 100%.

I risparmi vengono calcolati tramite tre parametri: il risparmio lordo (RL), il coefficiente di addizionalità, e il coefficiente di durabilità. Dal risparmio lordo tramite a e τ si passa al risparmio netto, il quale poi sarà tradotto in titoli di efficienza energetica. Il risparmio netto, secondo la definizione della delibera 9/11 è «il risparmio lordo, depurato dei risparmi energetici non addizionali, cioè di quei risparmi energetici che si stima si sarebbero comunque verificati, anche in assenza di un intervento o di un progetto, per effetto dell'evoluzione tecnologica, normativa e del mercato». In definitiva:

$$RNI = \tau \cdot a \cdot RL \quad (2.2)$$

con RNI, risparmio netto integrale, scomponibile in risparmio netto contestuale (RNC) e risparmio netto anticipato (RNA), in virtù della modalità di erogazione degli incentivi. Infatti, i titoli di efficienza energetica, sono erogati di anno in anno durante la vita utile, ma i risparmi riconosciuti sono relativi all'intera vita tecnica dell'intervento. Per rendere più chiaro il concetto, la figura 2.2 evidenzia le due componenti del risparmio netto.

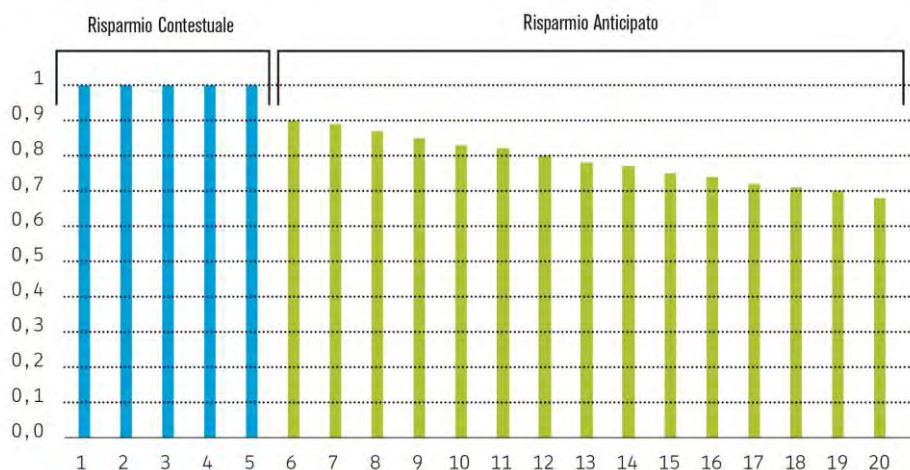


Figura 2.2. Componenti del risparmio netto integrale. Fonte: rielaborazione da ENEA.

La scelta del metodo di valutazione dipende dal tipo di intervento e dalla necessità di raggiungere la dimensione minima. Essa è la soglia di risparmio energetico, a livello di risparmio netto integrale, che deve raggiungere un progetto per poter essere presentato e ha lo scopo di evitare la dispersione di risorse per la gestione di istruttorie di entità irrisoria. Nella tabella 2.3 sono mostrate le dimensioni minime per tipologia di progetto considerando il RNI e, considerando come esempio un τ pari a 2,65, il risparmio netto annuo.

Tabella 2.3. Dimensione minima per tipologia di progetto. Fonte: ENEA

Tipologia di progetto	Dimensione minima del progetto [tep/anno]	
	Con τ	Senza τ ($\tau = 2,65$)
Standardizzato	20	7,5
Analitico	40	15
A consuntivo	60	23

Per conseguire tale soglia è possibile accorpate più interventi in un unico progetto, avendo definito gli interventi come attività elementari e i progetti, citando la Linea Guida 9/11, come «una qualsiasi attività o insieme di attività che produce risparmi di energia primaria certi e quantificabili attraverso: la realizzazione presso uno o più clienti partecipanti di uno o più interventi valutabili con il medesimo metodo di valutazione, ovvero attraverso la realizzazione presso un unico cliente partecipante di interventi valutabili con metodi di valutazione diversi.» Nella tabella 2.4 sono riassunte le varie possibilità previste per la presentazione di richiesta di emissione dei TEE.

Tabella 2.4. Scelta del metodo di valutazione in funzione del numero di clienti e della tipologia di interventi. Fonte: ENEA.

Numero di clienti	Metodi di valutazione degli interventi			
	Metodi di valutazione omogenei			Metodi di valutazione eterogenei
	Standardizzati	Analitici	A consuntivo	
Cliente unico	Progetto standardizzato	Progetto analitico	Progetto a consuntivo	Progetto a consuntivo
Numerosi clienti	Progetto standardizzato	Progetto analitico	Progetto a consuntivo	Non ammissibile

Nel caso in cui, in corso d'opera di un intervento già approvato, si attuino delle modifiche d'impianto, con conseguente aumento dei risparmi ammissibili si hanno due casi:

1. Per interventi contabilizzati con schede standardizzate non è prevista la possibilità di contabilizzare UFR incrementali, né per interventi contabilizzati con schede analitiche modificare il progetto. L'unica possibilità è di presentare una RVC aggiuntiva dedicata, che raggiunga la dimensione minima autonomamente.

2. Per interventi contabilizzati con metodo a consuntivo non sono ammessi incrementi dimensionali del progetto dopo la presentazione della prima RVC, che di fatto cristallizza la dimensione del progetto, se non nei casi in cui le modifiche comportino variazioni dei risparmi energetici annui inferiori al 5%.

2.1.3.1 Metodi di valutazione standardizzata

Questo metodo deriva dalle esperienze delle precedenti leggi di incentivazione del risparmio energetico (la 308/82 e la 10/91) e, come nel passato, la valutazione viene effettuata sulla base di schede tecniche. I risparmi associati allo specifico intervento sono determinati esclusivamente in funzione del numero di unità fisiche di riferimento (UFR) oggetto dell'intervento (ad esempio il numero di motori elettrici o i metri quadri di pannelli solari). Ad ogni UFR viene associato un risparmio specifico lordo annuo (RSL), il quale, moltiplicato per il numero di UFR fornisce il risparmio lordo (RL).

Gli incentivi vengono erogati su presentazione di una richiesta di verifica e certificazione dei risparmi (RVC). La persistenza dei risparmi energetici generati è automaticamente riconosciuta dopo la prima RVC e l'emissione dei relativi TEE avviene ogni tre mesi (a meno che l'esito di eventuali controlli non imponga una rivisitazione dei titoli accreditati).

Attualmente sono disponibili 29 schede standardizzate e sono elencate nella tabella 2.5.

Tabella 2.5. Lista delle schede tecniche standardizzate. Fonte: RSE (segue alla pagina successiva)

N.	Titolo	Metodo di valutazione	Delibera
02T	Sostituzione di scalda-acqua elettrici con scalda-acqua a gas	standardizzato	n. 243/02
03T	Installazione di caldaia unifamiliare a 4 stelle di efficienza alimentata a gas naturale e di potenza termica nominale non superiore a 35 kW	standardizzato	n. 243/02
04T	Sostituzione di scalda-acqua a gas con scalda-acqua a gas più efficienti	standardizzato	n. 243/02
05T	Sostituzione di vetri semplici con doppi vetri	standardizzato	n. 234/02
06T	Isolamento delle pareti e delle coperture	standardizzato	n. 234/02
07T	Impiego di impianti fotovoltaici di potenza < 20 kW	standardizzato	n. 234/02
08T	Impiego di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria	standardizzato	EEN 17/09
09T	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio con potenza inferiore a 22 kW	standardizzato	n. 111/04
15T	Installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in luogo di caldaie in edifici residenziali di nuova costruzione o ristrutturati	standardizzato	n. 111/04
17T	Installazione di regolatori di flusso luminoso per lampade a vapori di mercurio e lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti adibiti ad illuminazione esterna	standardizzato	n. 70/05
19T	Installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza con potenza frigorifera inferiore a 12 kWf	standardizzato	n. 70/05
20T	Isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario	standardizzato	n. 70/05
27T	Installazione di pompa di calore elettrica per produzione di acqua calda sanitaria in impianti domestici nuovi ed esistenti	standardizzato	EEN 15/10
28T	Realizzazione di sistemi ad alta efficienza per l'illuminazione di gallerie autostradali ed extraurbane principali	standardizzato	EEN 4/11

29Ta	Realizzazione di nuovi sistemi di illuminazione ad alta efficienza per strade destinate al traffico motorizzato	standardizzato	EEN 4/11
29Tb	Installazione di corpi illuminanti ad alta efficienza in sistemi di illuminazione esistenti per strade destinate al traffico motorizzato	standardizzato	EEN 4/11
30E	Installazione di motori a più alta efficienza	standardizzato	DM 28/12/12
33E	Rifasamento di motori elettrici di tipo distribuito presso la localizzazione delle utenze	standardizzato	DM 28/12/12
36E	Installazione di gruppi di continuità statici ad alta efficienza (UPS)	standardizzato	DM 28/12/12
37E	Nuova installazione di impianto di riscaldamento a biomassa legnosa di potenza ≤ 35 kW termici.	standardizzato	DM 28/12/12
38E	Installazione di sistema di automazione e controllo del riscaldamento negli edifici residenziali (BACS) secondo la norma UNI EN 15232	standardizzato	DM 28/12/12
39E	Installazione di schermi termici interni per l'isolamento termico del sistema serra.	standardizzato	DM 28/12/12
40E	Installazione di impianto di riscaldamento alimentato a biomassa legnosa nel settore della serricoltura	standardizzato	DM 28/12/12
42E	Diffusione di autovetture a trazione elettrica per il trasporto privato di passeggeri.	standardizzato	DM 28/12/12
43E	Diffusione di autovetture a trazione ibrida termoelettrica per il trasporto privato di passeggeri.	standardizzato	DM 28/12/12
44E	Diffusione di autovetture a trazione ibrida termoelettrica per il trasporto privato di passeggeri.	standardizzato	DM 28/12/12
45E	Diffusione di autovetture alimentate a GPL per il trasporto di passeggeri.	standardizzato	DM 28/12/12
46E	Pubblica illuminazione a led in zone pedonali: sistemi basati su tecnologia a led in luogo di sistemi preesistenti con lampade a vapori di mercurio	standardizzato	DM 28/12/12
47E	Sostituzione di frigoriferi, frigocongelatori, congelatori, lavabiancheria, lavastoviglie con prodotti analoghi a più alta efficienza	standardizzato	DM 28/12/12

2.1.3.2 Metodi di valutazione analitica

Tale metodo sfrutta un algoritmo specifico per ogni scheda tecnica per quantificare il risparmio. L'algoritmo viene alimentato con pochi parametri che caratterizzano lo stato di funzionamento e di assorbimento energetico dell'apparecchiatura oggetto dell'intervento. Al contrario delle schede standardizzate che prevedevano il persistere nel tempo del risparmio certificato al primo anno, con le schede analitiche è necessaria la presentazione della RVC con cadenza inferiore ad un anno, misurando il valore dei parametri che compongono l'algoritmo. Anche in questo caso il RL viene moltiplicato per il coefficiente di addizionalità e per il coefficiente di durabilità.

Attualmente sono disponibili 10 schede analitiche e sono elencate nella tabella 2.6.

Tabella 2.6. Lista delle schede tecniche analitiche. Fonte: RSE.

N.	Titolo	Metodo di valutazione	Delibera
10T	Recupero di energia elettrica dalla decompressione del gas naturale	analitico	n. 111/04
16T	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio con potenza superiore o uguale a 22 kW	analitico	n. 70/05
21T	Applicazione nel settore civile di piccoli sistemi di cogenerazione per la climatizzazione invernale ed estiva degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria	analitico	EEN 9/10
22T	Applicazione nel settore civile di sistemi di teleriscaldamento per la climatizzazione ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria	analitico	EEN 9/10
26T	Installazione di sistemi centralizzati per la climatizzazione invernale e/o estiva di edifici ad uso civile	analitico	EEN 9/10
31E	Installazione di sistemi elettronici di regolazione della frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi per la produzione di aria compressa con potenza superiore o uguale a 11 kW	analitico	DM 28/12/12
32E	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti sui sistemi di ventilazione	analitico	DM 28/12/12
34E	Riqualificazione termodinamica del vapore acqueo attraverso la ricompressione meccanica (RMV) nella concentrazione di soluzioni	analitico	DM 28/12/12
35E	Installazione di refrigeratori condensati ad aria e ad acqua per applicazioni in ambito industriale	analitico	DM 28/12/12
41E	Utilizzo di biometano (BM) nei trasporti pubblici in sostituzione del metano (GN)	analitico	DM 28/12/12

2.1.3.3 Metodi di valutazione a consuntivo

Le proposte di valutazione a consuntivo prendono il nome di proposta di progetto e programma di misura (PPPM) e vengono utilizzate per progetti per i quali non sono disponibili schede tecniche standardizzate o analitiche e per progetti comprendenti interventi eterogenei per metodo di valutazione, da realizzarsi presso un unico cliente tramite l'accorpamento, che verrà spiegato in seguito. La procedura di richiesta è suddivisa in due fasi successive. La prima prevede la compilazione e la presentazione della PPPM che comprende le informazioni necessarie all'ente valutatore per giudicare l'ammissibilità del progetto.

Se l'ente preposto al controllo (ENEA o RSE) approva la proposta, il richiedente presenta la prima RVC e quelle successive con le scadenze previste nella stessa PPPM.

2.1.4 Risultati ottenuti e criticità

Il sistema dei certificati bianchi ha certamente favorito l'aumento dell'efficienza energetica e ha dato nuova linfa a questo settore che, come già evidenziato al paragrafo §1.2.3, ha un potenziale enorme e sfruttato solamente in parte. La scelta di uno strumento misto che associa un'obbligazione normativa fissata dal soggetto pubblico, e l'azione del mercato che lascia agli attori in gioco la scelta degli interventi da svolgere, è sembrata adatta ad allocare efficientemente le risorse. Contrariamente ad altri strumenti che, invece di fissare un obiettivo quantitativo, impongono un metodo di azione, i titoli di efficienza energetica hanno consentito

di non stabilire a priori i settori su cui investire, bensì hanno lasciato libertà al mercato. Questo ha permesso lo sviluppo degli interventi più redditizi. Secondo uno studio di Eyre et al. (2009) il costo dell'energia conservata (CEC) è pari a 0,0027€/kWh per l'elettricità e di 0,0026€/kWh per il gas, ben al di sotto del costo dell'energia elettrica (0,166€/kWh¹³), e del costo del gas (0,043€/kWh¹⁴). L'efficacia del meccanismo si è manifestata prevalentemente nell'ambito civile che ha coperto più dei due terzi dei certificati emessi, come evidenziato in figura 2.3.

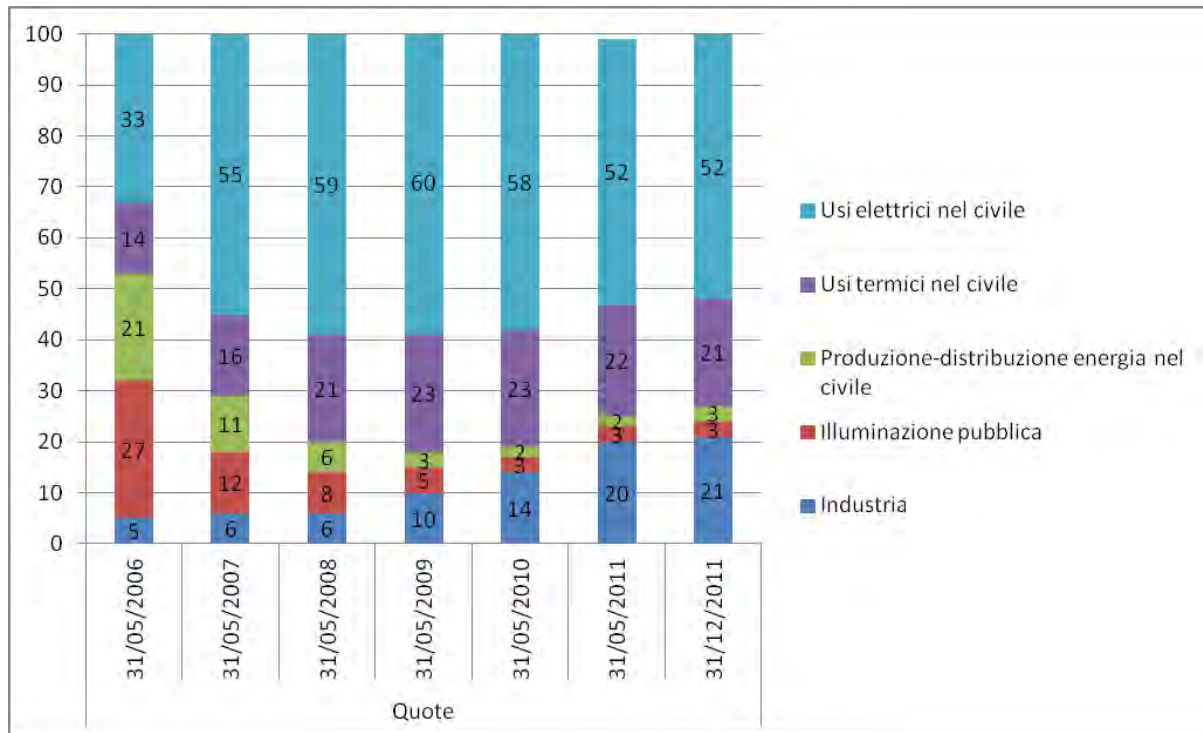


Figura 2.3. Generazione di TEE per aree di intervento. Fonte: elaborazione RIE su dati AEEG.

Analizzando le schede tecniche utilizzate, si evidenzia però il fallimento del sistema nella promozione di interventi complessi con tempi di ritorno e investimenti iniziali consistenti. Infatti l'80% dei risparmi è stato ottenuto tramite due schede standard e la grande maggioranza degli interventi ha riguardato progetti semplici, di piccole dimensioni e con modesti risparmi unitari per UFR. Lo scenario cambia limitatamente considerando gli interventi realizzati in ambito industriale: i risparmi sono inferiori, anche se in costante crescita, e il peso dei risparmi con metodo a consuntivo è molto maggiore. Ciò consente la realizzazione di progetti con un elevato numero di risparmi energetici unitari, ma necessita di esperienza per la presentazione e la gestione delle proposte.

Complessivamente, dall'avvio del meccanismo, si è assistito ad un progressivo aumento dei tep risparmiati, tuttavia, come evidenziato dalla tabella 2.7, nella pagina seguente, a partire

¹³ Valore medio riferito all'anno 2007, escluse le tasse, per utenti civili. Fonte: Eurostat (2009)

¹⁴ Valore medio riferito all'anno 2008, escluse le tasse, per utenti civili. Fonte: Eurostat (2009)

dal 2008, il numero di titoli generati non ha raggiunto la quantità stabilita dagli obblighi, cresciuti ad un tasso maggiore.

Tabella 2.7. Confronto tra TEE necessari per l'adempimento degli obblighi e TEE emessi. Fonte: GME

Anno di obbligo	Totale TEE cumulati, necessari per l'adempimento (Mtep)	Titoli emessi dall'inizio del meccanismo (Mtep)
2005	0,16	
2006	0,47	
2007	1,11	1,26
2008	3,31	2,6
2009	6,51	5,23
2010	10,81	8,02
2011	16,11	11,44
2012	20,71	18,2

Per aggiustare il meccanismo è stato adottato il banking (la possibilità di consegna dei certificati anche negli anni successivi al loro rilascio), il coefficiente TAU e la possibilità di posticipazione del pagamento del 40% degli obblighi, strumenti che hanno potenzialmente risolto la questione della scarsità di TEE emessi, ma non hanno dato risposta alla precarietà del mercato. La bancabilità dei titoli, infatti, non permette di sapere se i soggetti obbligati posseggano un numero di titoli superiori alla quantità degli obblighi, come non permette di sapere se parte dei venditori stiano adottando comportamenti strategici di trattenuta dell'offerta.

La probabile scarsità di titoli, unita al possibile comportamento speculativo degli attori del meccanismo, provoca consistenti fluttuazioni dei prezzi dei titoli. La struttura del mercato prevede 10 tipi di prezzo: per ciascun tipo di titoli (I, II, II-CAR, III, V)¹⁵ si ha un prezzo di borsa e un prezzo medio delle contrattazioni bilaterali. Poiché i prezzi di tutti i tipi di titoli non presentano differenze significative e, anzi, tendono a convergere, nella figura 2.4 illustrata nella pagina seguente, che mostra l'andamento dei prezzi del primo semestre 2013, è stato considerato un unico prezzo rispettivamente per le contrattazioni di borsa e per gli accordi bilaterali. Dal grafico si può notare come il prezzo dei titoli scambiati tramite borsa è più alto di quelli scambiati tramite accordi bilaterali. Questo è dato da due fattori:

- Lo scambio di titoli infragruppo a prezzo zero;
- La maggiore flessibilità nella gestione e allocazione del rischio tra le parti nella stipulazione di un accordo bilaterale.

¹⁵ Il tipo IV è ad oggi inapplicabile per mancanza di specifiche schede tecniche, mentre il tipo V, seppure applicabile, non riveste grande interesse perché non sottoposto a rimborso tariffario. I titoli di tipo IV e V sono stati introdotti dal D.Lgs. 28 del marzo 2011.

Un contratto bilaterale può infatti assicurare al venditore la certezza di risoluzione ad un prezzo certo di tutti i certificati che riesce a generare in un determinato arco di tempo, ed il minore rischio determina uno sconto rispetto ai prezzi di mercato.

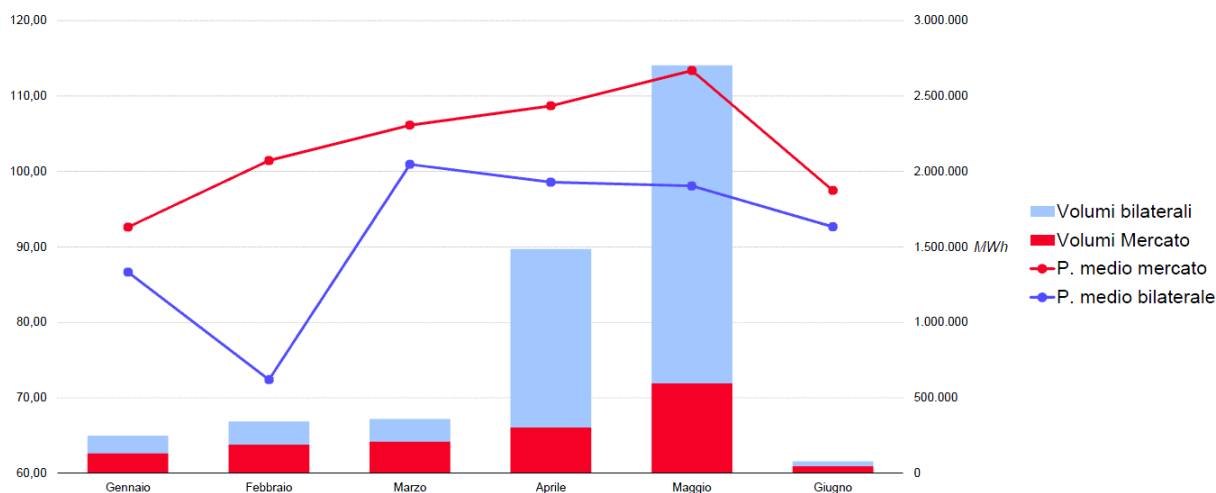


Figura 2.4. Andamento del mercato dei TEE, primo semestre 2013. Fonte: GME.

Un ulteriore elemento di dibattito sull'efficacia dei CB riguarda il contributo tariffario, fissato all'introduzione del meccanismo al valore di 100€/tep e attualmente stabilito dall'AEEG in maniera inversamente proporzionale alla variazione registrata dal prezzo medio dell'energia, con lo scopo di non gravare eccessivamente sulle bollette degli utenti finali. Il mercato dei TEE è stato caratterizzato da una sistematica divergenza tra rimborso tariffario e prezzo dei TEE. Negli anni in cui il contributo tariffario è stato superiore al prezzo di mercato, il meccanismo dei TEE è stato criticato perché generante un guadagno per i distributori. Negli anni di scarsità dell'offerta in cui il prezzo dei TEE è stato superiore al contributo, il meccanismo dei TEE è stato criticato perché incapace di incentivare una emissione di titoli sufficiente a coprire la domanda, causando un margine negativo per i distributori a cui sono stati imposti degli obblighi, senza esser stati dotati degli strumenti necessari per poterli rispettare.

Il meccanismo è anche frenato da una forte incertezza normativa data dall'instabilità delle regole e dall'indisponibilità di dati riguardanti i progetti a consuntivo approvati, che potrebbero aiutare la redazione di nuove proposte. A questo si aggiunge la difficoltà di coordinamento degli enti preposti alla gestione del sistema, che sono numerosi.

Si devono evidenziare anche altri tipi di barriere che non hanno permesso un completo sviluppo del sistema dei certificati bianchi. Esse riguardano la sfera finanziaria e la difficoltà di accesso al credito. Mentre le SSE non dispongono normalmente di capitali sufficienti per effettuare direttamente gli investimenti necessari, i distributori, che disporrebbero di una

maggiore *equity* privata, non possono accedere direttamente al mercato. Clò *et al.* (2012) stimano un costo di investimento per il civile di 4000€/tep con una soglia di progetto di 80000€, mentre nel settore industriale il costo è tra i 1800€/tep e i 2700€/tep, ma gli interventi in questo ambito necessitano di investimenti ben più consistenti. Le SSE dunque non riescono a finanziare gli interventi e, in aggiunta, riscontrano difficoltà di accesso al credito dovuto al disinteresse delle banche per ritorni economici non paragonabili con gli incentivi accordati alle FER e al meccanismo delle detrazioni fiscali attive dal 2007. Inoltre gli istituti di credito percepiscono maggiormente il rischio di investimento nei CB anche perché legato alla riduzione di un costo, invece che ad un aumento dei ricavi. Altri fattori percepiti come rischiosi per l'investitore è la non conoscenza a priori dell'entità dei titoli generati tramite la valutazione a consuntivo, l'aleatorietà dei prezzi di mercato dei titoli e la modalità di erogazione che non avviene *upfront*, ossia al momento della realizzazione dell'intervento, come invece avviene nel meccanismo francese, bensì con cadenza almeno trimestrale.

Un aggiuntivo elemento di incertezza è dato da una non sempre chiara e trasparente applicazione del criterio di addizionalità, il principio secondo il quale vengono premiati solo gli interventi che permettono un miglioramento tecnologico rispetto ad una *baseline* stabilita. Questo strumento ha lo scopo di favorire la diffusione di tecnologie efficienti che riescano a raggiungere una riduzione dei consumi addizionale rispetto a quella *Business as Usual*, e che non verrebbero adottate in assenza dell'incentivo. Le inefficienze potenziali di questo strumento riguardano la difficoltà di stabilire la soglia di addizionalità perché da un lato si rischia di finanziare progetti che non sono addizionali, ovvero che sarebbero stati effettuati anche in assenza del meccanismo, dall'altro si rischia di non certificare risparmi effettivamente addizionali, perdendo opportunità di efficientamento. Effettivamente il meccanismo non è riuscito a promuovere interventi strutturali, e in aggiunta, secondo uno studio di Bankitalia, su un campione di 470 imprese intervistate, il 75% delle imprese ha dichiarato che gli investimenti effettuati sarebbero stati intrapresi anche in assenza degli incentivi.

L'ultimo punto critico del meccanismo dei certificati bianchi riguarda la cumulabilità e la sovrapposizione con altri sistemi di incentivi. Nella tabella 2.2 del paragrafo §2.1.2 si riassumono le forme di incentivo cumulabili, e non, con i CB. Il meccanismo è ad esempio cumulabile con il Programma operativo regionale (POR) della regione Veneto che prevede un fondo di rotazione e contributi in conto capitale per investimenti finalizzati al contenimento dei consumi energetici. Al contrario, si sovrappone in numerosi casi con il nuovo conto termico previsto dal *decreto legislativo n°28 del 3 marzo 2011*. Dieci schede tecniche¹⁶ sono sostituibili con gli incentivi erogati dal conto energia, un sistema più semplice, diretto ed efficace e che remunera in misura maggiore gli interventi. Un esempio significativo è dato da

¹⁶ Sono le schede numero: 04T, 05T, 06T, 08T, 15T, 20T, 27T, 37T, 38T, 40E.

un intervento di sostituzione di una caldaia per il riscaldamento di una serra con un generatore di calore alimentato a biomassa di poco inferiore alla potenza di un megawatt. Tale intervento potrebbe beneficiare sia del rilascio di certificati bianchi tramite la scheda tecnica 40E, sia degli incentivi previsti dal conto termico ma, mentre il primo meccanismo eroga una somma di 8000€/anno per 5 anni, il secondo eroga una somma pari a 30000€/anno per 5 anni. E' dunque evidente la disparità tra i due sistemi, causa dell'erosione del campo di applicazione dei CB e dell'efficacia degli stessi.

2.1.5 Previsioni per il futuro

Nonostante il ruolo ricoperto dall'efficienza energetica nelle politiche energetiche dell'Unione Europea, e di conseguenza nella politica energetica italiana, sia di fondamentale importanza, le misure adottate per raggiungere gli obiettivi di efficienza energetica della strategia 20-20-20, risultano inadeguati. In particolare, il meccanismo dei titoli di efficienza energetica, sebbene risulti lo strumento di sostegno con il miglior rapporto costo-efficacia per il bilancio dello Stato, non sembra, allo stato attuale, poter garantire il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Questo è dovuto, come evidenziato nel paragrafo §2.1.4, alla sovrapposizione e cannibalizzazione di altri strumenti incentivanti. Come suggerito nel lavoro di Clò *et al.* (2012), sarebbe auspicabile orientare il meccanismo dei CB alla promozione della riduzione dei consumi nei settori non-ETS, la cui responsabilità giuridica e finanziaria di adempimento ai relativi target ricade direttamente sui governi nazionali. Questo favorirebbe inoltre l'effetto leva degli interventi in efficienza energetica nei confronti dell'abbattimento delle emissioni di GHG e nella crescita dei consumi coperti da FER.

Dal punto di vista della gestione del meccanismo, un intervento semplice ma molto efficace sarebbe quello di creare un database pubblico dei progetti presentati ed approvati, di modo da rendere la valutazione più trasparente, e di facilitare il lavoro dei proponenti.

Infine, per assicurare un futuro aumento dell'offerta dei TEE, sarebbe auspicabile l'adozione dell'assegnazione degli incentivi upfront, l'aumento del numero delle schede tecniche e la promozione della diversificazione degli interventi realizzati.

2.2 I Certificats d'économie d'énergie

2.2.1 L'incentivazione del risparmio energetico in Francia

La Francia ha introdotto misure di efficientamento energetico e di diversificazione del mix energetico a partire dallo shock petrolifero del 1973. Da allora, l'*Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie* (Agenzia dell'ambiente e della gestione dell'energia, ADEME) ha l'incarico di attuare misure di efficienza energetica e di sviluppare le energie rinnovabili. Le disposizioni legislative adottate a partire dal 2000 nel campo energetico hanno quasi tutte incluso obiettivi e corrispondenti misure a favore dell'efficienza energetica. In questo quadro nel 2000 fu implementato il *Programme National d'Amélioration de l'Efficacité Énergétique* (programma nazionale di miglioramento dell'efficienza energetica, PNAEE) che presenta gli obiettivi degli interventi nel settore dei trasporti, dell'edilizia e dell'industria e della sviluppo delle energie rinnovabili. L'introduzione di un sistema di certificati bianchi per la promozione dell'efficienza energetica, peraltro per molti aspetti simile al meccanismo italiano, lo si deve alla legge POPE, conosciuta come Grenelle I (*legge n°2005-781 del 13 luglio 2005*), che definisce i principi e le condizioni di applicazione per il primo periodo triennale dal primo luglio 2006 al 30 giugno 2009, ed era integrata nella *Direttiva 2006/32/EC*, ora sostituita dalla *Direttiva 2012/27/UE*. La legge stabilisce quattro obiettivi qualitativi: avvicinarsi all'indipendenza energetica nazionale e garantire la sicurezza di approvvigionamento, assicurare un prezzo competitivo dell'energia, preservare la salute umana e l'ambiente e garantire la coesione sociale e territoriale assicurando l'accesso all'energia per tutti, e un obiettivo quantitativo: ridurre l'intensità energetica finale del 2% annuo fino al 2015. Successivamente le misure per l'efficienza energetica sono state rafforzate dalla *legge n°2009-967 del 3 agosto 2009*, che implementano il piano *Grenelle de l'environnement*, un insieme di leggi che pongono come priorità l'incremento dell'efficienza nel settore dei trasporti e dell'edilizia. Dal 2010 la *legge Grenelle II* introduce e regola il secondo triennio di attuazione del meccanismo dei certificati bianchi. Nel seguente paragrafo, verrà illustrato il funzionamento di tale meccanismo.

2.2.2 Legislazione e meccanismo attuale

Il sistema francese, regolato attualmente dalla *legge Grenelle II*, in vigore per il triennio 2010-2013 e prolungata fino al 31 dicembre 2014, prevede che siano fissati degli obblighi di riduzione dei consumi in capo ai soggetti fornitori di:

- Elettricità (con vendite superiori a 400GWh);
- Carburante per automobili (con vendite superiori a 7000m³);
- Gas naturale (con vendite superiori a 400GWh, considerando il PCS);
- Olio combustibile per riscaldamento (con vendite superiori a 500m³/anno);

- GPL carburante (con vendite superiori a 7000t);
- GPL combustibile per riscaldamento (con vendite superiori a 100GWh, considerando il PCS);
- Servizi di riscaldamento o raffrescamento (con vendite superiori a 400GWh);

I risparmi sono contabilizzati tramite il kWh cumac, abbreviazione di *cumulé et actualisé* (cumulato ed attualizzato), ovvero si considera l'energia risparmiata cumulata nel corso della durata del progetto, attualizzata con un tasso di sconto del 4% annuo. Ad ogni kWh cumac risparmiato si fa corrispondere l'assegnazione di un CEE.

Gli obiettivi delle leggi sono stabiliti per triennio: per il primo triennio dall'1/7/2006 all'1/7/2009 era di 54TWh cumac, per il secondo periodo, attivo dopo 18 mesi di transizione, ovvero dal 1/1/2011 al 31/12/2013 era di 345TWh cumac. Per l'anno di proroga, il 2014, stabilito per lasciare il tempo necessario al legislatore per preparare il terzo periodo, sono stati sostanzialmente confermati gli obiettivi adottati in precedenza, avendo fissato a 115TWh cumac la soglia.

In caso di non rispetto dei limiti, il soggetto deve pagare una multa di 20€/MWh allo Stato.

Durante il secondo periodo è stato adottato un nuovo modo di calcolo degli obblighi individuali. Per conoscere il risparmio imposto, un soggetto obbligato deve applicare alle sue vendite, limitate ai settori residenziale e terziario dell'anno di riferimento, un coefficiente proprio del vettore venduto. I coefficienti da applicare sono stabiliti dal *décret n°2010-1663 del 29 dicembre 2010*. In virtù di questo nuovo metodo di calcolo, la lista completa degli obbligati del secondo periodo sarà conosciuta solo alla fine del periodo stesso.

Come nel meccanismo italiano, sono previsti dei soggetti volontari. Nello specifico sono ammessi:

- I fornitori non sottoposti all'obbligo;
- Autorità locali e regionali;
- Proprietari di immobili dedicati al social housing;
- L'ANAH, l'agenzia nazionale per la casa.

La scelta di non includere le Esco o permettere alle imprese di accedere direttamente al meccanismo è dovuta alla precisa volontà di inserire nel meccanismo i soggetti dedicati al social housing al fine di intervenire a beneficio delle abitazioni più sfavorite o in situazione di insicurezza energetica, perseguendo in questo modo l'obiettivo di coesione sociale e territoriale affermato nella Grenelle II.

In aggiunta ai soggetti volontari sono previste dalla *legge 221-2 del Code de l'énergie* e dall'*articolo 5 del decreto n°201-1663 del 29/12/10* le *structures collectives*. Esse sono delle imprese o associazioni alla quale più soggetti obbligati hanno trasferito le proprie quote di riduzione. La struttura collettiva viene dunque considerata come soggetto obbligato, e l'obbligato iniziale non lo è più. Questa soluzione permette ai fornitori di liberarsi della loro responsabilità, di evitare le sanzioni amministrative e di guadagnare benefici a seconda della

negoziazione commerciale dei titoli. La struttura collettiva sarà poi responsabile della gestione degli obblighi e di conseguenza si dedicherà alla realizzazione di interventi di risparmio energetico o all'acquisizione di certificati.

I soggetti obbligati possono ottenere i certificati per adempiere all'obbligo attivandosi alla realizzazione di operazioni all'interno della proprio attività o presso terzi, o scambiando i certificati con altri soggetti, tra i quali i volontari, attraverso una apposita piattaforma di scambio, denominata Emmy.

La valutazione delle operazioni avviene tramite la presentazione di una domanda al *Pôle National des certificats d'économies d'énergie* (PNCEE) e l'inserimento dei dati quantitativi sulla piattaforma del registro nazionale dei CEE, la Emmy. Il PNCEE si occupa anche della assegnazione dei certificati e delle operazioni di controllo. Gli altri enti preposti alla gestione del meccanismo sono la *direction générale de l'énergie et du climat* (direzione generale dell'energia e del clima, DGEC) che si avvale dell'ADEME e dell'*association technique, énergie, environnement* (associazione tecnica, energia, ambiente, ATEE) per le analisi tecniche riguardanti la redazione di nuove schede tecniche, la definizione delle baseline, e la comunicazione e la ricezione di proposte da parte degli attori del meccanismo. Nella figura 2.5 è illustrato il funzionamento dei certificats d'économies d'énergie.

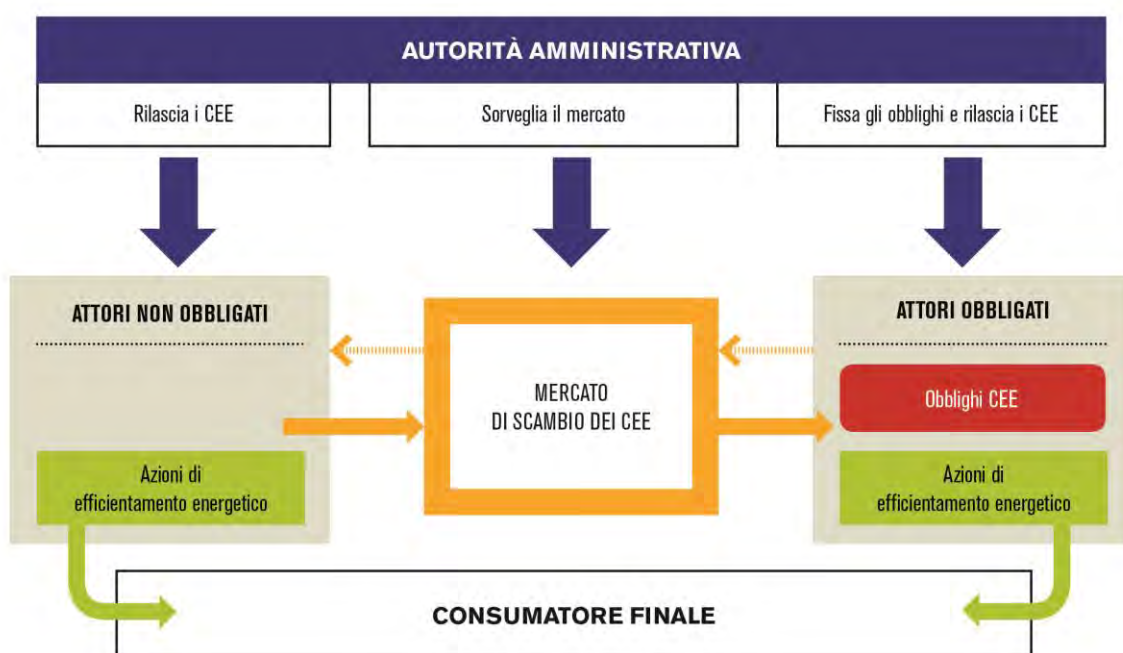


Figura 2.5. Funzionamento del meccanismo. Fonte: rielaborazione da ATEE.

La dimensione minima dei progetti è di 20GWh cumac, tuttavia un singolo soggetto, ogni anno, può presentare una domanda di dimensione inferiore, ed è anche previsto il raggruppamento di più interventi, come nel meccanismo italiano.

Sono previsti due metodi di valutazione: le *fiches standardisées*, analoghe alle schede standardizzate italiane, e le *opérations spécifiques*, analoghe alle proposte a consuntivo. Le schede *standardisées* sono suddivise in settori e sono in tutto 195. In tabella 2.8, nella pagina seguente, sono riassunti gli ambiti di applicazione delle schede.

Tabella 2.8. Campi di applicazione delle schede *standardisées*. Fonte: Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

Settore della scheda tecnica	Numero di schede disponibili
Settore dell'edilizia residenziale (75 schede)	
Involucro	9 schede
Termico	57 schede
Apparecchiature	7 schede
Servizi	2 schede
Settore dell'edilizia nel terziario (114 schede)	
Involucro	15 schede
Termico	69 schede
Apparecchiature	27 schede
Servizi	3 schede
Settore dell'industria (30 schede)	
Edilizia	7 schede
Funzionalità	20 schede
Involucro	2 schede
Servizi	1 scheda
Settore delle reti (15 schede)	
Calore e freddo	7 schede
Illuminazione	7 schede
Elettricità	1 scheda
Servizi	1 scheda
Settore dei trasporti (25 schede)	
Apparecchiature	16 schede
Servizi	9 schede
Settore dell'agricoltura (27 schede)	
Termico	18 schede
Apparecchiature	3 schede
Funzionalità	4 schede
Servizi	2 schede

Per le schede standardizzate è consentita la redazione di un *Plan d'actions d'économie d'énergie* (PAEE) che consente di semplificare la richiesta di certificati. Il PAEE, che deve essere presentato e approvato dal Pôle National, consente l'automatizzazione del rilascio di certificati nel caso di interventi uguali e ricorrenti per un numero consistente di volte. In questo modo il processo di ottenimento dei certificati per il singolo intervento risulta sgravato dalla presentazione dei relativi documenti e dunque risulta più rapido ed efficace.

Le opérations spécifiques consentono la realizzazione di interventi non compresi nella lista delle schede standard e prevedono sei tappe:

1. Realizzazione di una diagnosi energetica;
2. Determinazione della situazione prima del progetto;
3. Determinazione e giustificazione della baseline;
4. Previsione della situazione dopo il progetto e inclusione di bilanci energetici prima/dopo il progetto;
5. Giustificazione della quantità di CEE domandati e, in particolare, della durata di vita del progetto;
6. Giustificazione del calcolo del Tempo di ritorno dell'investimento (TRI) che deve essere superiore ai tre anni;

2.2.3 Risultati ottenuti e criticità

I risultati ottenuti dal meccanismo nel primo periodo sono stati soddisfacenti avendo raggiunto e superato l'obiettivo dei 54TWh cumac ottenendo un risparmio di 65,2TWh cumac, con un investimento totale di 3,9 miliardi di euro e un risparmio in bolletta per i consumatori di 4,3 miliardi di euro, spalmati sulla durata di vita degli interventi effettuati.

Per quanto riguarda il secondo periodo, nonostante non sia ancora concluso e i risultati più recenti si fermino a settembre 2013, l'obiettivo globale di 399TWh cumac è stato sorpassato avendo registrato un totale di 431,9TWh di risparmi certificati. Nella figura 2.6 è illustrato l'andamento della generazione dei CEE dall'entrata in vigore del meccanismo a luglio 2013.

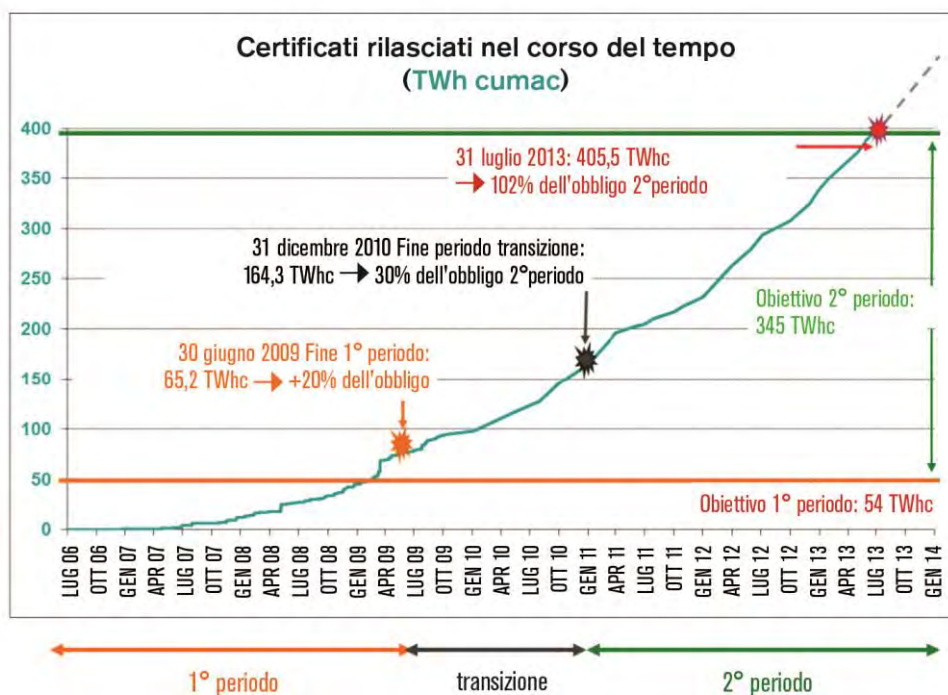


Figura 2.6. Andamento dei certificati emessi a partire dal 2006. Fonte: ADEME.

Il 95,6% dei CEE erogati finora sono stati ottenuti tramite valutazione standardizzata. Questo è dovuto al grande numero di schede, le quali coprono un ampio spettro di ambiti di intervento.

Come evidenziato nelle figure 2.7 e 2.8, i settori che sono stati maggiormente oggetti di azioni nel quadro dei CEE sono stati l'edilizia residenziale e terziaria con interventi nel settore termico e dell'involucro.



Figura 2.7. Quote dei settori oggetto degli interventi. Fonte: Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

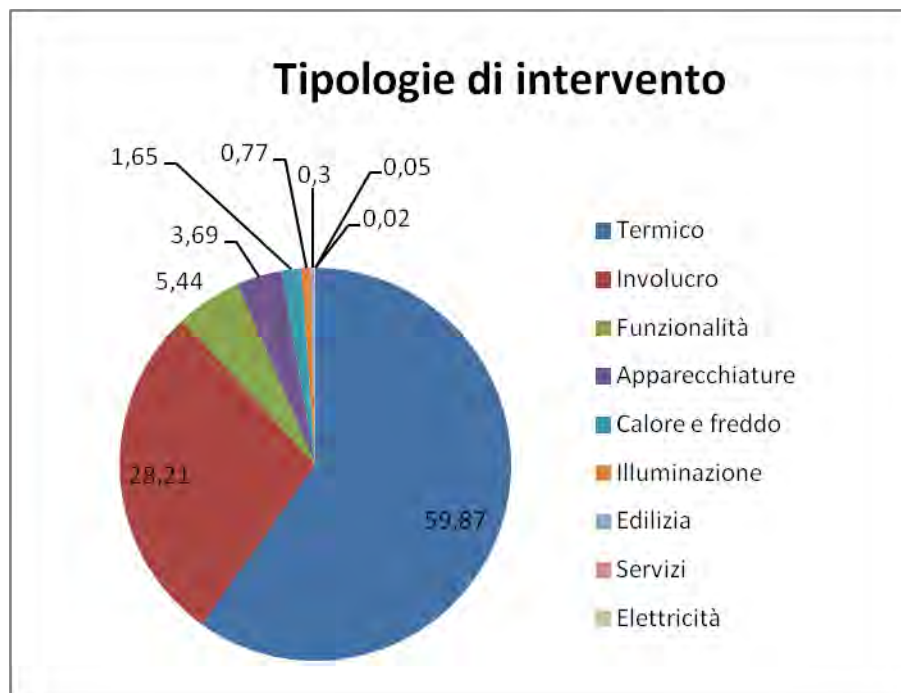


Figura 2.8. Quote delle tipologie di intervento. Fonte: Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

La struttura del meccanismo, per quanto riguarda i risultati associati agli attori, non ha spinto i soggetti volontari a mobilitarsi per condurre degli interventi di efficienza e ha quindi avuto come risultato la produzione da parte dai soggetti obbligati del 93% dei titoli. Inoltre questo ha avuto come conseguenza uno sviluppo non completo del mercato, non aiutato dal fatto che gli obbligati generalmente hanno preferito stringere accordi diretti con i volontari.

Malgrado la marginalità e la relativa importanza del mercato, in assenza di altri indicatori più affidabili, il prezzo di mercato è utilizzato come indicatore del prezzo dei CEE. Esso si è dimostrato abbastanza stabile nel tempo, andando dai 0,00465€ del 2008 ai 0,00339€ del 2009, come evidenziato dalla figura 2.9.

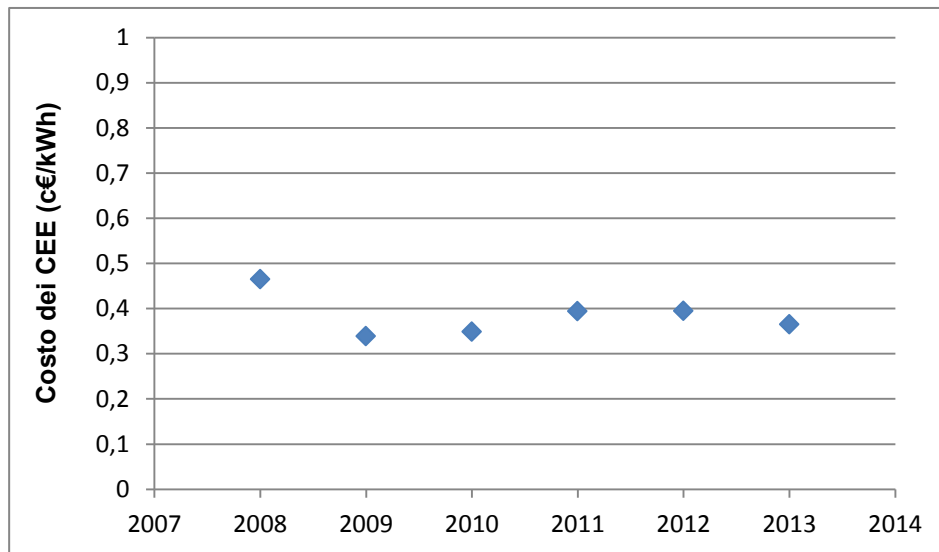


Figura 2.9. Evoluzione dei prezzi dei CEE sul registro del mercato EMMY. Fonte: Cour des Comptes.

2.2.4 Terzo periodo di incentivi (2015-2018)

Il terzo periodo avrà inizio il primo gennaio del 2015 e gli obiettivi di risparmio annuale fissati saranno superiori ai 200TWh cumac. Non si conoscono ancora le modifiche che saranno apportate al meccanismo ma, nell'ottobre 2013, il ministro dell'ecologia, dello sviluppo sostenibile e dell'energia ha pubblicato una lettera d'informazione per dichiarare le intenzioni di miglioramento e l'indirizzo che prenderà il nuovo sistema di incentivi. Nel documento sono inclusi la semplificazione del dispositivo tramite la standardizzazione dei documenti da presentare e il riconoscimento in automatico dei titoli con il controllo degli stessi solo a posteriori, lo stanziamento di ulteriori fondi per la riqualificazione energetica e la creazione di fondi di garanzia e l'incremento della trasparenza per mezzo dell'istituzione di un apposito comitato. Inoltre è prevista una revisione delle schede standardisées per ricalcolare, se necessario, le soglie di riferimento, e per aumentare il numero di interventi incentivabili tramite esse.

2.2.5 Confronto con il meccanismo italiano

Come in Italia, in Francia la maggior parte degli interventi è stata realizzata con schede standardizzate ma, a differenza del caso italiano, in cui la maggior parte dei TEE è stata rilasciata con un numero esiguo di schede (l'80% dei risparmi è stato ottenuto tramite due schede e il 96% tramite 7 schede), in Francia si è assistito ad una diversificazione molto più consistente degli ambiti di intervento (le 10 schede più usate hanno generato il 67% dei CEE), possibile grazie alla disponibilità di un maggior numero di schede (195 contro 29). Inoltre il meccanismo francese, a differenza dell'italiano, è riuscito a promuovere interventi maggiormente strutturali con TR alti.

In Francia si sono promossi maggiormente interventi in ambito termico (66%) andando a ridurre le emissioni del settore residenziale non-ETS, al contrario dell'italiano che ha premiato prevalentemente il settore elettrico (67%). Questo è anche probabilmente dovuto al diverso mix energetico che hanno i due paesi che, a livello di policy, ha fatto propendere l'Italia per una contabilizzazione a livello di energia primaria, dando più valore al risparmio di energia elettrica, e la Francia per una contabilizzazione di energia finale, favorendo gli interventi in ambito termico.

Nonostante il diverso metodo di contabilizzazione, e dunque tenendo conto del diverso peso dato dai due sistemi agli interventi elettrici e termici, si possono fare alcune considerazioni sull'entità degli incentivi erogati; il meccanismo dei TEE ha premiato in media gli interventi per la riduzione di energia con 9€/MWh, mentre il meccanismo dei CEE con 4€/MWh¹⁷. Nonostante ciò la rendicontazione tramite il metodo cumac e la concessione degli incentivi upfront, che permette all'investitore di ricevere subito l'intero ammontare del sostegno economico, unito al maggior numero di schede standard, ha offerto agli investitori la certezza dei tempi e dei ritorni economici.

Un altro aspetto che ha permesso al sistema francese di riconoscere un numero più consistente di titoli è la meno rigida applicazione del criterio di addizionalità, fattore che ha di certo contribuito ad un maggior successo del meccanismo, ma forse ha pagato in parte in efficienza.

2.3 I certificati bianchi in Europa

2.3.1 Regno Unito

Il Regno Unito è stato il primo paese europeo ad adottare un sistema di certificati bianchi. Il meccanismo fu introdotto nel 2002 con il nome di *Energy Efficiency Commitment* (impegno di efficienza energetica, EEC) ed è nato imponendo un target di riduzione dei consumi energetici finali, ma dal 2008, ovvero dal terzo suo periodo di attuazione, ha cambiato nome in *Carbon Emission Reduction Target* (obiettivo di riduzione delle emissioni di CO₂, CERT), modificando anche il target da un quantitativo di energia ad un quantitativo di emissioni di anidride carbonica, con lo scopo di ridurre le emissioni nei settori non-ETS. Il CERT, inizialmente previsto per il periodo 2008-2011 è stato prolungato fino al 2012 con un obiettivo totale di riduzione di 293 milioni di tonnellate di CO₂. Dal 2013 è entrato in vigore il nuovo meccanismo chiamato *Energy Company Obligation* (obbligo per le compagnie di energia, ECO), che sostituisce anche un altro strumento per la riduzione dei consumi energetici per le abitazioni dei cittadini a basso reddito, il *Community Energy Saving*

¹⁷ Sono stati considerati i prezzi dei certificati, prendendo come valori medi per i TEE 100€/tep e per i CEE 0,004€/kWh.

Programme (Programma di risparmio energetico di comunità, CESP), e sarà in vigore fino al 31 marzo 2015.

Il sistema ECO impone tre diversi obblighi, e tre relativi obiettivi, ai maggiori fornitori di energia in ambito residenziale. Essi sono:

- *Carbon Emission Reduction Obligation* (obbligo di riduzione delle emissioni di anidride carbonica, CERO): promozione di interventi di isolamento dell'involucro edilizio e, delle connessioni con sistemi di teleriscaldamento. L'obiettivo è di 20,9 milioni di tonnellate di CO₂;
- *Carbon Saving Community Obligation* (obbligo di riduzione delle emissioni di anidride carbonica di comunità, CSCO): promozione degli interventi di isolamento termico in aree a basso reddito. È stabilito l'obiettivo per il quale il 15% delle operazioni devono essere svolte a favore di cittadini a basso reddito in aree rurali. L'obiettivo è di 6,8 milioni di tonnellate di CO₂;
- *Home Heating Cost Reduction Obligation* (obbligo di riduzione dei costi per il riscaldamento in ambito civile, HHCRO): promozione di operazioni di riduzione dei costi di riscaldamento per i cittadini a basso reddito, con interventi di efficientamento energetico, ad esempio tramite sostituzione di caldaie. L'obiettivo è di un risparmio di 4,2 miliardi di sterline.

Per ottenere ciò, il meccanismo ECO viene supportato dal *Green Deal* (accordo verde). Esso è uno strumento che permette di rateizzare il pagamento dell'investimento per l'isolamento dell'involucro edilizio in aree sfavorite economicamente, tramite il risparmio conseguito in bolletta.

Si noti come l'intero meccanismo si concentri su azioni che riguardano il settore termico, non prevedendo per il nuovo periodo incentivi in ambito elettrico.

L'ente che gestisce il sistema per conto del *Gas and Electricity Market Authority* (autorità per il mercato elettrico e del gas) è la *Ofgem E-Serve*, che ha il compito di determinare l'ammontare degli obblighi di ciascun soggetto, approvare le metodologie di calcolo di riduzione delle emissioni o dei costi, attribuire i risparmi agli interventi presentati e controllare l'adempimento degli obblighi dei fornitori. Nel caso un soggetto obbligato non raggiunga la quota di riduzione imposta, l'autorità può imporre una sanzione fino al 10% del fatturato dell'azienda, ma viene comunque commisurata all'entità degli obblighi non soddisfatti.

Il calcolo delle emissioni o dei costi risparmiati avviene tramite le metodologie proposte dalla *Ofgem* ed è effettuato sull'intera vita utile dell'intervento di efficienza energetica, senza l'applicazione di alcun tasso di decadimento dell'efficacia dell'operazione o di sconto. Come nel meccanismo francese, nel Regno Unito gli incentivi vengono assegnati *upfront*. Questi elementi favoriscono una maggiore disponibilità di titoli per intervento e consentono di ridurre le barriere per l'accesso al meccanismo. Per questo motivo e per l'impostazione

dell'intero sistema, nel Regno Unito si sono riusciti a promuovere interventi strutturali in ambito edilizio arrivando a completare l'isolamento termico di otto milioni di abitazioni al 2012. Si stima che il costo complessivo a carico degli obbligati sia di 1,3 miliardi di sterline (circa 1,5 miliardi di euro), quantità che poi verrà recuperata tramite carico in bolletta, e il CEC sia di 0,023€/kWh per l'elettricità e 0,007€/kWh per il gas, ben al di sotto del costo del costo di tali vettori pari rispettivamente a 0,1394€/kWh e 0,037€/kWh¹⁸.

Non sono ancora disponibili dati sul periodo attuale di incentivi ma i periodi precedenti hanno portato buoni risultati, con superamento degli obiettivi stabiliti. Un elemento di criticità che potrebbe toccare il periodo attuale consiste nel fatto che la maggior parte degli interventi più redditizi e *cost-effective* sono già stati effettuati, rendendo più difficile il raggiungimento degli obblighi.

2.3.2 Danimarca

In Danimarca le compagnie di distribuzione dell'energia sono state coinvolte in programmi di efficientamento energetico per il consumatore finale sin dagli anni '90 ma, fino al 2006, tali programmi comprendevano solo azioni informative e di audit, e non era prevista la possibilità di finanziare progetti, né di occuparsi di forme di energia diverse da quelle fornite dalla compagnia. In quell'anno fu adottato lo strumento chiamato *Energy Efficiency Obligation* (obbligo di efficienza energetica, EEO), basato su accordi volontari regolati da un quadro normativo tra la *Energistyrelsen* (l'agenzia danese dell'energia) e i distributori di elettricità, gas naturale e teleriscaldamento. Gli accordi vengono stilati con ciascun distributore e, nel caso non si arrivi ad un compromesso, è la *Energistyrelsen* ad assegnare unilateralmente l'entità degli obblighi. Nel caso in cui il singolo distributore raggiunga il proprio obiettivo, può vendere la quantità di risparmio eccedente la soglia fissata agli altri operatori. L'obiettivo finale, a livello nazionale, stabilisce una riduzione del consumo di energia primaria del 7,6% al 2020, rispetto ai livelli del 2010, ovvero circa 2Mtep¹⁹. Nella tabella 2.9 sono riassunti gli obiettivi annuali, riferiti ai risparmi ottenuti nel primo anno dalla attuazione dei progetti. La contabilizzazione avviene infatti considerando i risultati ottenuti nel primo anno dell'intervento, moltiplicati per un coefficiente²⁰ che tiene conto della durata di vita, del risparmio di energia e del fatto che sia compreso nell'ambito ETS o meno.

¹⁸ Valori medi riferiti all'anno 2008, escluse le tasse, per utenti civili. Fonte: Eurostat (2009)

¹⁹ Il valore è stato ottenuto partendo dai dati pubblicati dall'IEA, considerando un'efficienza media del parco di generazione danese del 46%. In questo modo il consumo di energia primaria risulta pari a 25,81Mtep.

²⁰ Tale coefficiente può assumere il valore di 0,5; 1; 1,5; e valuta come durata di vita standard dell'intervento 10 anni.

Tabella 2.9. Obiettivi annuali del meccanismo EEO, riferiti ai risparmi del primo anno. Fonte: Budgard *et al.* (2013)

Periodo	Obiettivo			Percentuale dei consumi finali
	[PJ]	[TWh]	[Mtep]	
2006-2009	2,95	0,82	0,07	0,7
2010-2012	6,1	1,69	0,15	1,2
2013-2014	10,7	2,97	0,26	2,1
2015-2020	12,2	3,39	0,29	

Con l'introduzione dell'EEO, la politica di efficienza energetica è stata ristrutturata rispetto alla normativa pre-2006, consentendo alle compagnie di realizzare interventi presso qualsiasi consumatore e con qualsiasi forma di energia. In sostanza il meccanismo prevede l'intervento diretto o indiretto del distributore, che viene coinvolto nella implementazione di progetti sia di audit che di finanziamento di operazioni di riduzione dei consumi. Tale sistema si basa sull'accordo tra l'utility e il consumatore finale che deve essere stipulato prima dell'attuazione del progetto. Nella maggior parte dei casi un terzo attore che può essere uno studio di ingegneria, una ESCO, un tecnico o una società, anche dello stesso gruppo del fornitore, si configura come intermediario tra la utility e il cliente.

I progetti possono essere valutati tramite due metodi: valori standard o calcoli specifici. Il primo metodo considera valori medi di risparmio per interventi standard ed è prevalentemente utilizzato nell'ambito domestico, il secondo è utilizzato per grandi progetti e per operazioni particolari, con applicazioni prevalenti nell'ambito industriale e del settore pubblico. Al contrario di altri sistemi già descritti, il richiedente deve presentare solamente un documento che mostri il calcolo dei risparmi ottenuti e il regolatore non deve approvare il progetto per sbloccare l'erogazione degli incentivi. È infatti richiesta la presentazione di ulteriore documentazione solo nel caso di controlli casuali da parte dell'autorità. Se i controlli evidenziano delle irregolarità nel conteggio dei risparmi, l'unica conseguenza è l'incremento dell'obiettivo dell'anno successivo per la quantità corrispondente alla quota irregolare. Questo fatto può portare, anche in un paese con un basso tasso di corruzione come la Danimarca, al rischio di sovrastima dei risparmi, poiché non sono puniti nemmeno comportamenti deliberatamente fraudolenti.

Il meccanismo è finanziato tramite il carico in bolletta dei costi sostenuti dai distributori, che godono dello status di monopolisti.

Gli interventi possibili comprendono la riduzione dei consumi energetici finali in tutti i settori, dal 2013 anche quello dei trasporti, e includono l'installazione di solare termico e la riduzione delle perdite dei sistemi di distribuzione del teleriscaldamento, specialmente delle tubazioni.

I risparmi ottenuti dal meccanismo nel 2011 ammontano a 7,55PJ, il 124% dell'obiettivo e il CEC si è attestato mediamente sui 0,053€/kWh. Sebbene sia un valore più alto rispetto a quello ottenuto da altri paesi (resta comunque ben al di sotto del costo dell'energia in Danimarca), ciò non ha costituito un ostacolo per il successo del sistema, infatti fino ad ora nessun settore o compagnia sottoposta all'EEO non è riuscita a raggiungere gli obiettivi, al contrario si nota una tendenza a sorpassare in maniera consistente la soglia. Questo evidenzia il successo del meccanismo. I settori più toccati sono stati il domestico e l'industria; quest'ultima dal 2010 ha subito un forte impulso, spinta dall'aumento del target imposto.

2.3.3 Fiandre

In Belgio la competenza della gestione delle politiche energetiche è assegnata alle regioni. Nel 2003, la regione delle Fiandre ha liberalizzato il mercato e adottato lo strumento dei certificati bianchi, imponendo un obbligo di riduzione dei consumi ai distributori elettrici. Essi possono operare interventi di efficientamento che riguardino tutti i tipi di energia presso i clienti residenziali, commerciali ed industriali non ad alta intensità energetica. Dal 2003 al 2012 l'assegnazione degli obiettivi ha subito diverse modifiche. Nel primo periodo (2003-2007) furono assegnati obiettivi diversi per clienti in bassa tensione e alta tensione, nel secondo periodo (2008) si distinsero clienti residenziali e non residenziali, nel terzo periodo (2009-2012) il discriminante fu il numero dei clienti del distributore. I risultati dei tre periodi furono così abbondantemente sopra le soglie prefissate che, dal 2003, il regolatore ha deciso di adottare delle imposizioni sulle azioni da intraprendere, piuttosto che sull'entità del risparmio da conseguire. Gli incentivi vengono erogati per i seguenti interventi:

- Isolamento dell'involucro edilizio;
- Sostituzione delle superfici trasparenti con vetri ad alta emissività;
- Installazione di pompe di calore;
- Installazione di impianti solari termici;
- Sostituzione dei sistemi di illuminazione con sistemi più efficienti, solo per edifici non residenziali;
- Audit e analisi energetiche;

Gli incentivi sono erogati fino ad una certa quota dal governo fiammingo, mentre la quota eccedente è reperita tramite recupero in bolletta.

Tutti i soggetti obbligati devono stilare ogni anno un rapporto di valutazione sull'esecuzione delle azioni di efficienza energetica e consegnarlo alla *Vlaams Energieagentschap* (agenzia fiamminga dell'energia, VEA). Se un distributore non ha eseguito le azioni obbligatorie, la multa può arrivare fino all'1% del suo fatturato. Sono previste multe anche se il distributore presenta il rapporto in ritardo o il rapporto non soddisfa completamente i requisiti richiesti. Le multe non possono essere scaricate sui consumatori tramite bolletta.

Non sono ancora a disposizione i risultati dell'ultimo periodo di incentivi, tuttavia, come evidenziato nella figura 2.10, si possono valutare i risparmi ottenuti nei periodi precedenti, che sono stati ben al di sopra delle soglie fissate.

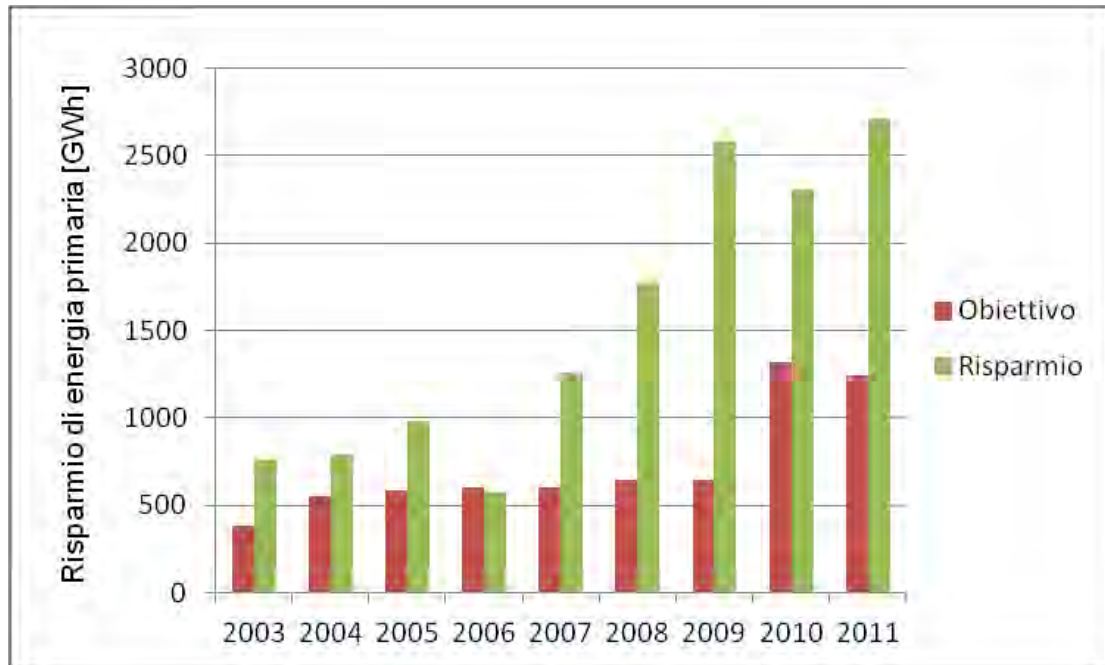


Figura 2.10: Risparmi di energia primaria ottenuti dal sistema dei certificati bianchi fiamminghi.
Fonte: rielaborazione daVEA.

Nell'anno 2011 sono stati investiti 65 milioni di euro, ottenendo risparmi per 2,7TWh e dunque un CEC medio degli interventi di 0,0239€/kWh, valore vicino a quello del meccanismo italiano.

2.3.4 Polonia

In Polonia il meccanismo dei certificati bianchi ha avuto la sua nascita all'interno del quadro della legge sull'efficienza energetica del 15 aprile del 2011, che fissa il target nazionale di riduzione dei consumi, entro l'anno 2016, al 9% dei consumi di energia primaria, rispetto ai valori medi dei consumi del periodo 2001-2005.

L'introduzione del sistema si deve alle ordinanze del Ministero dell'Economia emanate nel corso dell'anno 2012 che identificano le azioni di efficientamento energetico che possono dar luogo all'emissione di certificati, il metodo di calcolo del risparmio energetico, i metodi da adottare per la attuazione di audit energetici e la tassa sostitutiva per il mancato adempimento degli obblighi. I soggetti obbligati del sistema sono i venditori di energia elettrica, calore o gas, che hanno la facoltà di decidere se partecipare al meccanismo e ridurre i consumi di

energia primaria, o pagare una tassa sostitutiva, proporzionale alla quota dell'obbligo non adempito.

Il sistema si basa sulla selezione dei progetti di miglioramento dell'efficienza energetica che danno diritto alla concessione di certificati bianchi da parte del Presidente dell'Ufficio Regolatore dell'Energia. Vengono poi annunciati, organizzati e attuati dei bandi per l'assegnazione dei progetti almeno una volta all'anno. Tutti gli interventi assicurano un risparmio annuale di almeno 10tep. Il vincitore del bando è assegnatario dei certificati bianchi e deve attuare il progetto e comunicarne la conclusione al Presidente dell'ufficio regolatore, il quale comunicherà il buon esito dell'operazione alla *Polish Power Exchange*. Al momento della registrazione dei certificati emessi nel database della *Polish Power Exchange*, essi diventano trasferibili nel mercato.

Anche gli enti pubblici entrano nel meccanismo, essendo obbligati a intraprendere almeno due delle azioni elencate in seguito:

- Stipulare contratti relativi alla implementazione e al finanziamento di progetti di efficientamento energetico;
- Acquistare di macchinari, apparecchiature o autovetture caratterizzati da bassi consumi e costi operativi;
- Sostituire macchinari, apparecchiature o autovetture con altri di nuovi e più efficienti;
- Acquistare o affittare edifici ad alta efficienza energetica o attuare riqualificazioni energetiche di edifici già esistenti;
- Attuare audit energetici.

Il sistema ha già suscitato critiche all'interno del paese perché la decisione di indire bandi per assegnare progetti di efficientamento potrebbe portare in breve tempo, con lo sviluppo del mercato, ad una paralisi amministrativa.

Capitolo 3

Focus sul Clean Development Mechanism (CDM) per il lavoro di consulenza

In questo capitolo verrà approfondito il Clean Development Mechanism, strumento adottato dai paesi aderenti al Protocollo di Kyoto, e di interesse per Piovani S.p.A. per le possibilità di incrementare la competitività nei paesi in via di sviluppo.

3.1 Nuovo regolamento del CDM

Il *clean development mechanism* è uno dei tre strumenti flessibili messi a disposizione dal Protocollo di Kyoto per ottemperare agli impegni di riduzione delle emissioni. Esso permette ai paesi inclusi nell'annesso I del Protocollo di effettuare progetti di contenimento delle emissioni di GHG nei paesi non inclusi nell'annesso I, ma, a differenza del periodo precedente, dal 2013 tali azioni sono limitate ai paesi definiti come *least developed countries* (LDC). I paesi definiti come *least developed countries*, definizione mutuata dal contesto delle Nazioni Unite, introdotta nella direttiva ETS con la *Direttiva 2009/29/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009*, sono quarantotto e sono: Afghanistan, Angola, Bangladesh, Benin, Bhutan, Burkina Faso, Burundi, Cambogia, Chad, Djibouti, Eritrea, Etiopia, Gambia, Guinea, Guinea-Bissau, Guinea Equatoriale, Haiti, Isole Salomone, Kiribati, Laos, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mozambico, Myanmar, Nepal, Niger, Repubblica Centrafricana, Repubblica Democratica del Congo, Rwanda, Samoa, Sao Tome e Principe, Senegal, Sierra Leone, Somalia, Sudan, Tanzania, Timor Leste, Togo, Tuvalu, Uganda, Unione delle Comore, Vanuatu, Yemen, Zambia.

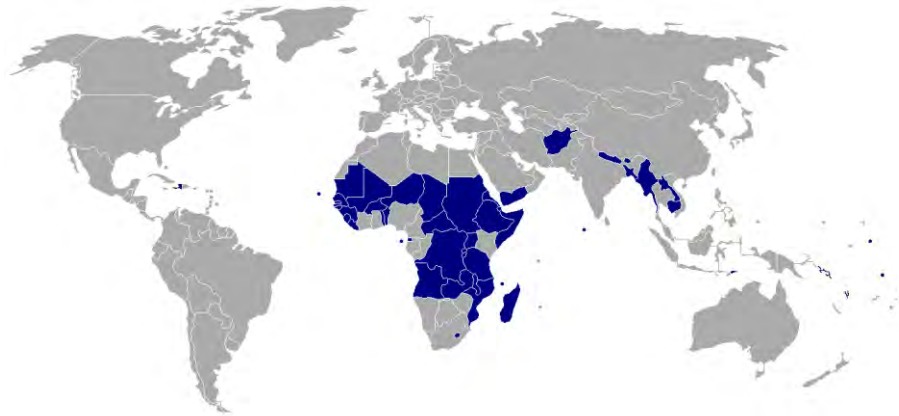


Figura 3.1: *Least developed countries* secondo la definizione delle Nazioni Unite. Fonte: UNCTAD.

Gli obiettivi del meccanismo sono:

- Favorire lo sviluppo sostenibile attraverso investimenti e trasferimento tecnologico;
- Facilitare il raggiungimento degli obiettivi di riduzione ai sensi del Protocollo, in termini di efficienza ed efficacia;
- Stimolare la partecipazione del settore privato e l'adozione di policy sul Clima in paesi attualmente esenti da obiettivi quantificati di riduzione delle emissioni.

I crediti del CDM possono essere generati tramite progetti di riduzione delle emissioni o di afforestazione e riforestazione. Ad essi sono associate tre tipi di unità di riduzione: le *certified emission reduction* (CER), *temporary certified emission reduction* (tCER) e *long-term certified emission reduction* (lCER). Gli lCER e i tCER vengono emessi per progetti di afforestazione e riforestazione e si differenziano per il fatto che la validità dei primi scade alla fine del periodo di generazione di crediti del progetto, mentre i secondi scadono alla fine del periodo di impegno del Protocollo successivo a quello di emissione. I partecipanti al progetto possono scegliere di ricevere tCERs o lCERs per il riconoscimento dei crediti.

A partire dal secondo periodo del Protocollo di Kyoto e dal terzo periodo del sistema EU ETS, entrambi iniziati nel 2013, è stato modificato il limite massimo di CERs di cui ogni impianto può usufruire. Nello specifico il cosiddetto regolamento RICE (*regolamento n.1123/2013 dell'8 novembre 2013*) identifica le percentuali di utilizzo dei crediti nelle seguenti casistiche:

- Impianti fissi operativi nella seconda fase (2008-2012): il limite di utilizzo è pari alla quantità prevista dal PNA 2008-12 o, qualora superiore, pari alla percentuale dell'11% delle quote allocate nello stesso periodo;
- Impianti che non hanno avuto quote gratuite nel periodo 2008-2012, impianti che non hanno ricevuto il diritto ad utilizzare crediti internazionali nel periodo 2008-2012 e impianti nuovi entranti come definiti dai primi due indent dell'art.3 (h) della Direttiva ETS hanno un limite fissato al 4,5% delle emissioni verificate nel periodo 2013-2020;
- Impianti che hanno registrato un'estensione della capacità potranno adottare, a seconda

di quale sia la percentuale più alta, la percentuale dell'11% delle quote attribuite nel 2008-12 o il 4,5% delle emissioni verificate nel 2013-2020 o quanto già previsto nel PNA;

- Impianti che hanno ricevuto quote gratuite nel periodo 2008-2012 e che svolgono attività presenti nell'annesso I della *Direttiva 2003/87/CE* come emendato dalla *Direttiva 2009/29/CE* (nuovi settori 2008-2012): potranno adottare, a seconda di quale sia la percentuale più alta, la percentuale dell'11% delle quote attribuite nel 2008-12 o il 4,5% delle emissioni verificate nel 2013-2020 o quanto già previsto nel PNA;
- Operatori aerei: il limite di utilizzo è fissato all'1,5% delle emissioni verificate nel periodo 2013-2020.

Inoltre non saranno più riconosciute dal sistema ETS i crediti derivanti da progetti che comportano la distruzione di trifluorometano (HFC-23) e ossido di azoto (N₂O) derivanti dalla produzione di acido adipico (i cosiddetti CERs grigi).

Il Comitato nazionale per la gestione della direttiva 2003/87/CE e per il supporto nella gestione dell'attività di progetto del Protocollo di Kyoto con la *deliberazione n.06/2014* ha stabilito la quantificazione dei diritti di credito internazionale (CERs ed ERUs) utilizzabile per il periodo 2008-2020 dagli impianti fissi nazionali e dagli operatori aerei amministrati dall'Italia, ai sensi del *regolamento (UE) 1123/2013 della Commissione del 9 novembre 2013*.

3.2 Meccanismo

I progetti nell'ambito del meccanismo CDM richiedono l'applicazione di una metodologia che preveda la fissazione di una baseline e un monitoraggio allo scopo di determinare l'ammontare di CERs generati dai progetti di mitigazione nel paese ospitante.

Le metodologie sono classificate in quattro categorie:

- Metodologie per progetti su larga scala (*large-scale CDM project activities*);
- Metodologie per progetti su piccola scala (*small-scale CDM project activities*);
- Metodologie per afforestazione e riforestazione su larga scala (*large-scale A/R CDM project activities*);
- Metodologie per afforestazione e riforestazione su piccola scala (*small-scale A/R CDM project activities*).

Gli *small-scale projects* sono progetti di piccole dimensioni che seguono procedure e modalità semplificate, al fine di ridurre i costi e i tempi di esecuzione. Rientrano in tale definizione i progetti che riguardano fonti rinnovabili fino ad una potenza di 15MW, i progetti di efficienza energetica fino ad un risparmio di 60GWh, altre attività che riducano le emissioni e che emettano meno di 60ktCO_{2eq}/anno. Le metodologie spesso utilizzano strumenti che risolvono problemi specifici dell'attività in esame (ad esempio il calcolo

dell'emissione di GHG da fonti specifiche).

Per semplificare le procedure, l'UNFCCC mette a disposizione tutte le informazioni sulle metodologie dei progetti CDM disponibili corredate da diagrammi. Le informazioni fornite sono:

- Definizioni che sono richieste per applicare la metodologia;
- Descrizione dell'applicabilità della metodologia;
- Descrizione dei confini di progetto (*project boundary*);
- Procedura per la determinazione della *baseline*;
- Procedura per dimostrare e valutare l'addizionalità;
- Procedura per calcolare la riduzione delle emissioni;
- Descrizione della procedura di monitoraggio.

Inoltre vengono forniti degli strumenti che permettono di determinare specifiche condizioni (ad esempio l'addizionalità di un progetto) o di calcolare le emissioni in casi particolari (ad esempio le emissioni provocate dai consumi elettrici). E' specificato nella descrizione della metodologia se essa richiede l'utilizzo di uno di questi strumenti. Le esemplificazioni dei simboli dei diagrammi sono rappresentate nella figura 3.3, nella pagina successiva.

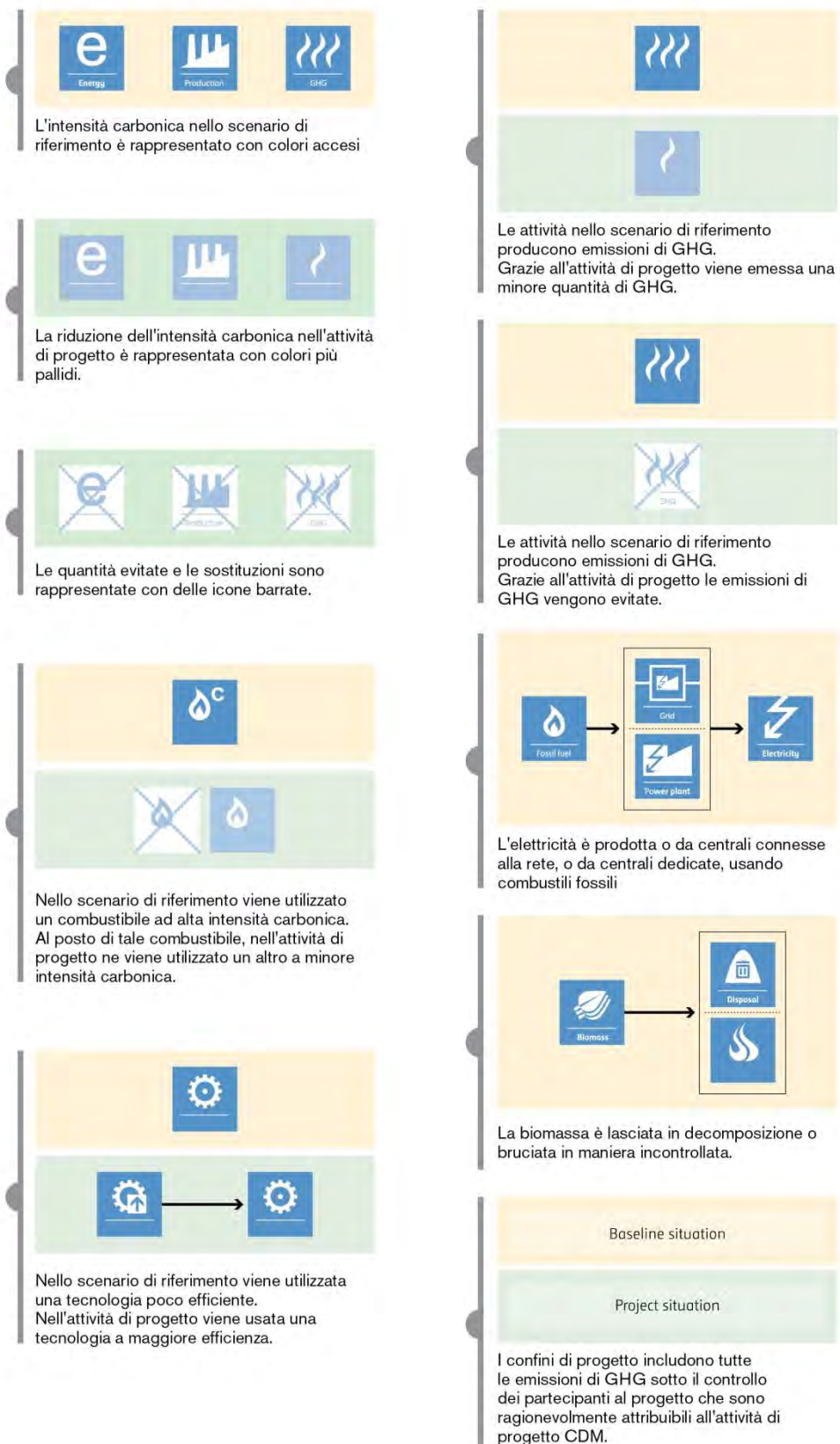


Figura 3.3: Esempificazione dei diagrammi delle metodologie CDM. Fonte: rielaborazione da UNFCCC.

Tra le metodologie disponibili esistono due tipologie che sono favorite e portano benefici sociali ed economici, sia per il paese ospitante che per i partecipanti al progetto.

La prima tipologia comprende le metodologie che si rivolgono ad una soppressione della domanda e sono possibili nei casi in cui si sia in presenza di uno scenario in cui le future emissioni antropogeniche delle fonti sono previste in aumento maggiore rispetto ai livelli attuali, per circostanze specifiche del paese ospitante. Questo concetto è incluso in alcune metodologie che considerano servizi chiave come l'illuminazione, il riscaldamento, l'acqua potabile, la raccolta dei rifiuti, che al momento dell'attuazione del progetto sono insufficienti a soddisfare i bisogni essenziali delle persone. Tale carenza può essere dovuta alla mancanza di denaro e/o di tecnologie e infrastrutture. Perciò il raggiungimento del livello minimo di questi servizi è atteso nel futuro, grazie allo sviluppo dell'economia del paese ospitante il progetto. Ad esempio, si può considerare il caso in cui delle abitazioni non dispongano dell'accesso alla rete elettrica e possano usufruire solo di lampade al kerosene per brevi periodi di tempo o solo di candele. Il concetto di soppressione della domanda è utile per il calcolo della baseline di progetti che operano in questi settori, grazie alla specificazione di un livello di servizio minimo. Grazie a questo si rendono possibili progetti di sviluppo che altrimenti non avrebbero generato sufficienti CERs da essere attuabili. I vantaggi di queste metodologie sono legati ai benefici per il livello di vita degli abitanti dei paesi ospitanti. Inoltre i progetti sono semplificati poiché la determinazione della baseline si basa su valori standard, e non è necessario il calcolo caso per caso.

La seconda tipologia comprende le metodologie che portino dei benefici a donne e bambini. I criteri per individuare le metodologie che producano benefici a queste categorie sono:

- Migliorare l'accesso ad elettrodomestici ed accessori domestici (ad esempio frigoriferi);
- Ottimizzare compiti normalmente svolti da donne o bambini (ad esempio la raccolta di legna per il fuoco, o la raccolta d'acqua);
- Migliorare l'ambiente delle abitazioni (con migliore qualità dell'aria, con il riscaldamento);
- Utilizzare approcci partecipatori di comunità per dare la possibilità a donne e bambini di venire a conoscenza del progetto e di far parte del processo di decisione.

Nel caso di progetti di afforestazione o riforestazione, le metodologie incluse in questa definizione hanno come effetti positivi la creazione di posti di lavoro occupati dalle donne. E' importante notare come quelle che non siano comprese in tale tipologia, non debbano recare danno alle condizioni di vita di donne e bambini, essendo lo sviluppo sociale sostenibile uno dei cardini dei progetti CDM.

Lo sviluppo vero e proprio di un progetto CDM implica il coinvolgimento di attori a diversi livelli: alcuni attori hanno un compito solo di indirizzo e formale, mentre altri devono

contribuire operativamente al progetto. Lo sviluppo del progetto si articola in due fasi, suddivise in diverse attività. La prima fase è progettuale (attività dalla 1 alla 4) e la seconda è realizzativa (attività dalla 5 alla 7).

Gli step principali di un progetto CDM sono sintetizzati nella figura 3.4, nella pagina seguente.

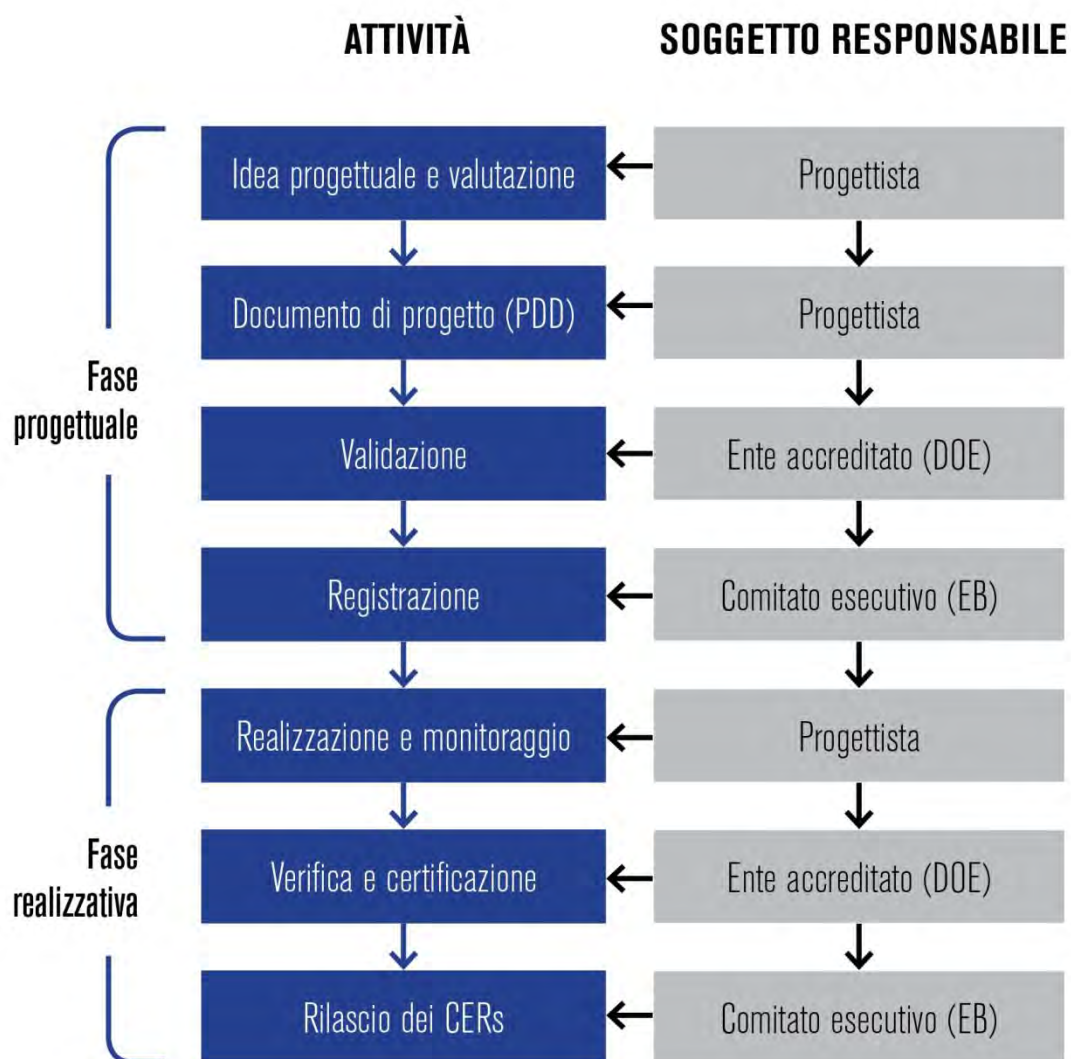


Figura 3.4: Sintesi degli step di un progetto CDM. Fonte: rielaborazione da James-Smith E. "Integrating the CDM into Energy Planning".

Attività 1 – Idea progettuale e valutazione: il primo passo necessario per la realizzazione di un progetto CDM riguarda la valutazione dell'idea progettuale, operazione semplificata dalla lista di metodologie già approvate ed applicate in passato, messe a disposizione dell'UNFCCC. Per cercare una metodologia adatta, si può operare una ricerca per tipo di attività o per tecnologia applicata. Se non ce ne sono di adatte, il progettista può applicare in

forma modificata una già esistente o proporre una nuova che deve essere autorizzata e registrata dal Comitato Esecutivo (*Executive Board*). E' necessario verificare se l'idea di progetto può, in linea di principio, rispettare i requisiti fondamentali richiesti dal Protocollo di Kyoto. A tale scopo il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, mette a disposizione un servizio di assistenza che compia una valutazione preliminare dell'idea progettuale ed offra assistenza per i passi successivi.

Attività 2 – Documento di progetto: Una volta individuata e scelta la metodologia adatta, il progettista deve applicarla al piano e preparare il *Project Design Document* (PDD), che rappresenta il primo step per un progetto CDM. La metodologia fornisce le basi per gli elementi cardine del PDD che sono:

- La dimostrazione di addizionalità;
- L'adozione di un *baseline scenario* (scenario di riferimento) e la stima della riduzione o rimozione di emissioni;
- Il piano di monitoraggio del sistema;

a cui si devono aggiungere:

- I commenti ricevuti da soggetti locali interessati;
- Un'analisi sugli impatti ambientali del progetto;
- Una descrizione dei benefici ambientali addizionali che il progetto potrà generare.

I progetti CDM devono essere autorizzati dalle Autorità Nazionali Accreditate (*Designated National Authorities*, DNA) dei paesi coinvolti. Inoltre, il paese ospitante deve confermare che il progetto contribuisce al proprio sviluppo sostenibile.

Attività 3 – Validazione: il soggetto proponente deve scegliere un Ente Accreditato (*Designated Operational Entity*, DOE) a cui il documento di progetto venga sottoposto. L'ente accreditato prescelto rende pubblico il documento di progetto per trenta giorni, riceve i commenti dei soggetti interessati, stabilisce se i requisiti essenziali per i progetti CDM sono soddisfatti tenendo in considerazione i commenti ricevuti, e infine rende pubblico il proprio giudizio.

Attività 4 – Registrazione: In caso di valutazione positiva, l'Ente Accreditato (DOE) richiede al Comitato Esecutivo (EB) la registrazione formale del progetto un apposito registro internazionale.

Attività 5 – Realizzazione e monitoraggio: il proponente realizza il progetto e implementa il piano di monitoraggio delle emissioni descritto nel documento di progetto; prepara un rapporto di monitoraggio (*monitoring report*) sulle emissioni effettivamente realizzatesi includendo una stima della riduzione di emissioni generata e dunque la quantità di CERs

richiesta, e lo presenta ad un Ente Accreditato che può essere diverso da quello prescelto per la validazione.

Attività 6 – Verifica e Certificazione: la procedura di verifica consiste in una periodica autonoma revisione, da parte dell'Ente Accreditato, della riduzione delle emissioni effettivamente generata dal progetto durante il periodo di verifica. A tal fine, l'Ente Accreditato analizza il rapporto di monitoraggio ricevuto, verifica che il monitoraggio e il calcolo della riduzione di emissioni siano stati eseguiti correttamente, e determina la riduzione di emissioni che non sarebbero avvenute in assenza del progetto e che successivamente saranno trasformate in CERs. L'Ente Accreditato trasmette una relazione di verifica (*verification report*) ai partecipanti al progetto, ai Paesi coinvolti e al Comitato Esecutivo, e certifica per iscritto che le riduzioni di emissioni sono legittime. L'Ente Accreditato rende pubblici la *verification report* e la relazione di certificazione (*certification report*).

Attività 7 - Rilascio dei CERs: La relazione di certificazione costituisce una richiesta al Comitato Esecutivo per il rilascio dei crediti di emissione (CERs). Il Comitato Esecutivo provvederà a far rilasciare i CERs a favore del soggetto esecutore del progetto. Il 2% dei proventi del progetto saranno trattenuti e destinati ad un fondo per l'adattamento dei paesi in via di sviluppo agli effetti avversi dei cambiamenti climatici.

Un modo per effettuare un progetto CDM è eseguirlo come un *Component Project Activity* (CPA) nell'ambito di un *Programme of Activities* (PoA). Un PoA è definito come un'azione coordinata, volontaria guidata da un privato o un ente pubblico che coordina ed implementa delle misure o politiche che abbiano lo scopo di ridurre o rimuovere emissioni di GHG, e che siano addizionali rispetto al caso in cui il PoA non esista. Il CPA è una singola misura, o un insieme di misure correlate, integrate nel PoA e applicate ad un'area di questo. Un PoA è dunque un approccio programmatico che agisce da “ombrello” per altri progetti. I CPA, per essere ammessi al *Programme of Activities* devono soddisfare alcuni requisiti specificati nel *PoA Design Document* (PoA-DD).

Rispetto ad un normale progetto CDM, i PoA portano molti vantaggi, in particolare per i paesi che lo ospitano, ovvero i LDC. Il processo di inclusione di CPA in un PoA registrato è molto semplificato e comporta costi minori rispetto alla registrazione di un progetto singolo regolare.

I principali benefici di un PoA sono:

- Riduzione dei costi di transazione, dei rischi di investimento e delle incertezze per i partecipanti ai singoli CPA;
- I PoA sono gestiti da un *Coordinating and Managing Entity* (CME). Essa è

responsabile della gran parte del progetto, dunque un impegno diretto dei singoli progettisti dei CPA non è richiesto;

- L'accesso al CDM è esteso a progetti di piccola entità che normalmente non sarebbero stati attuabili come progetti singoli;
- La riduzione delle emissioni del PoA può continuamente aumentare, poiché è possibile aggiungere un numero illimitato di CPAs anche ad uno stadio successivo alla partenza del progetto;
- I PoA supportano molti progetti con esternalità sociali positive (ad esempio nell'ambito domestico);
- Politiche e obiettivi specifici regionali possono essere supportati in maniera efficace accedendo al mercato del carbonio tramite i PoAs;
- Le attività di monitoraggio e verifica possono essere semplificate utilizzando un metodo a campione;
- Non sono previste tasse di registrazione per ogni CPA registrata. La quota da versare è stabilita in base alla riduzione o rimozione di GHG prevista al momento della registrazione del PoA.

3.3 Mercato dei permessi di emissione

Per analizzare il mercato dei CERs, si deve prendere in considerazione l'andamento dell'intero mercato dei permessi di emissione nell'ambito EU ETS. Trattandosi di uno strumento di mercato, l'EU ETS riflette l'equilibrio tra domanda e offerta di emissioni. Ne consegue che la scarsità o sovrabbondanza di offerta si manifestano in prezzi dei permessi di emissione (il cosiddetto "prezzo del carbonio") più alti o più bassi. I prezzi sono inoltre sensibili al contesto politico ed economico globale ed europeo, che si riflette sull'efficacia dello strumento stesso. I vincoli, infatti, possono essere soddisfatti o tramite la riduzione delle emissioni, o investendo in tecnologie verdi e la recente crisi economica ha comportato il raggiungimento degli obiettivi prevalentemente con il primo metodo, a causa della riduzione dei consumi, quindi dell'output finale. L'obiettivo del sistema ETS non è però solo quello di ottemperare ai vincoli imposti, esso dovrebbe incentivare investimenti a lungo termine e innovazione nel campo delle tecnologie verdi. Questo pone quindi la necessità di ricerca di un compromesso nelle scelte del legislatore, poiché è il prezzo del carbonio che crea tali incentivi, e un prezzo troppo basso indebolisce l'efficacia del sistema verso l'obiettivo. Un calo del prezzo dei permessi è proprio quello che si è verificato nel terzo periodo, causato, oltre dalla crisi economica anche da una quantità record di crediti internazionali, dall'asta dei permessi della fase due, trasposti nella fase successiva, dalle aste troppo anticipate della fase 3, e dalle vendite di 300 milioni di permessi della fase 3 per finanziare il programma

NER300²¹. Si è dunque stimato un surplus delle quote di emissione circolanti nel sistema che ha raggiunto all'inizio della fase i due miliardi di quote. La Commissione Europea ha pertanto proposto due linee d'intervento: una proposta di breve termine (*back-loading*) e un set di misure strutturali di riforma dell'ETS per il lungo termine (*carbon market report*).

La proposta di *back-loading* è stata approvata dal Parlamento nel febbraio 2014 e prevede un accantonamento temporaneo di 900 milioni di quote da mettere all'asta nel triennio 2014-2016, per rimetterle in circolazione nell'ultimo biennio (2019-2020).

Le altre riforme proposte sono:

- L'incremento dell'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni al 2020 dal 20% al 30%, il che comporterebbe il ritiro di 1,4 miliardi di permessi nell'intero periodo;
- L'accantonamento permanente di un quantitativo di quote destinate alle aste per il periodo, lasciando intatto in questo modo il numero di EUA allocate liberamente;
- Incrementare il fattore annuale di riduzione del cap delle emissioni dall'1,74% ad un valore più alto che potrebbe essere fissato in linea con l'obiettivo di riduzione del 30% delle emissioni al 2020;
- L'estensione del campo di applicazione del meccanismo ad altri settori che siano meno influenzati dai cicli economici, ovvero con un'elasticità minore (ad esempio il settore dei carburanti);
- Imporre un limite all'utilizzo dei crediti internazionali;
- Introdurre dei meccanismi discrezionali di gestione dei prezzi. Questi potrebbero includere un *price floor* ed un *price management reserve*, ovvero una quantità di denaro accantonata per mitigare la fluttuazione dei prezzi.

L'andamento dei prezzi dal primo periodo del sistema EU ETS, fino al 2013 è rappresentato nella figura 3.5, mentre nelle figure 3.6 e 3.7 sono rappresentati gli andamenti di CERs ed EUAs nel semestre settembre 2013 - marzo 2014.

²¹ Il *NER300 programme* è un programma di finanziamento per progetti sperimentali innovativi di tecnologie a basse emissioni di carbonio. È stato concepito per stimolare lo sviluppo dei sistemi CCS e RES a livello commerciale.

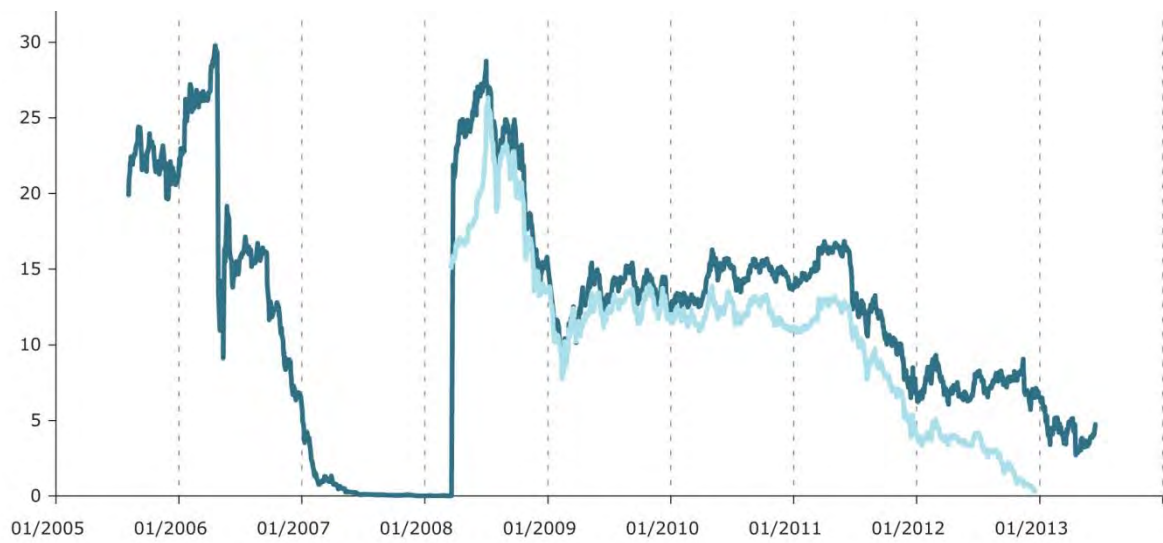


Figura 3.5: Andamento dei prezzi di EUAs e CERs dal 2005 al 2013. Fonte: EEA.

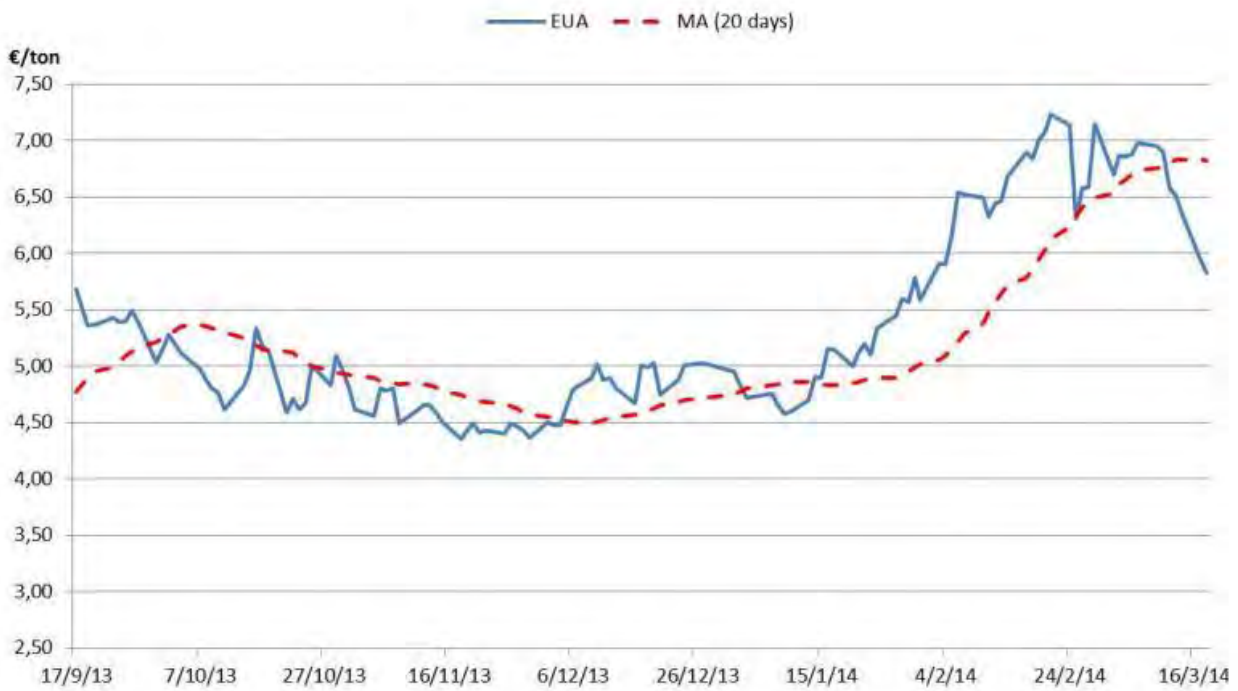


Figura 3.6: Andamento dei prezzi delle EUAs nel semestre settembre 2013 – marzo 2014. Fonte: ICE Futures Europe.

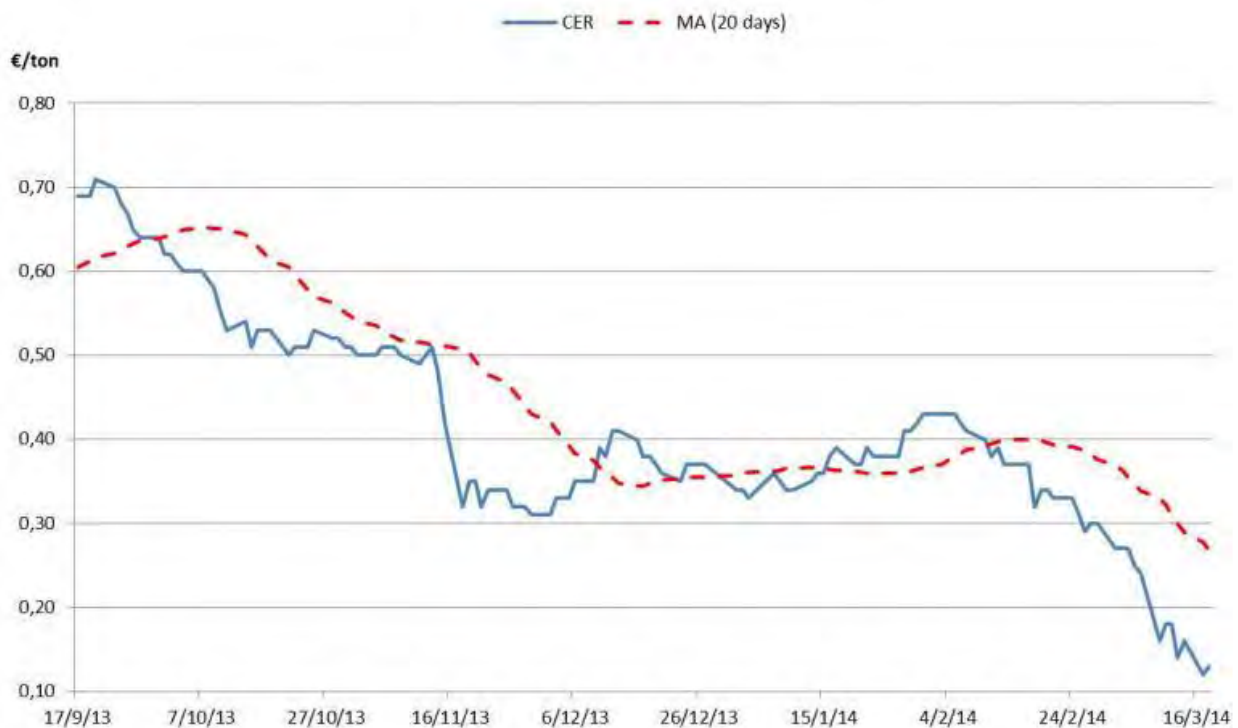


Figura 3.7: Andamento dei prezzi dei CERs nel semestre settembre 2013 – marzo 2014. Fonte: ICE Futures Europe.

Nel primo periodo i prezzi degli EUA hanno subito grandi variazioni, dovute al fatto che il meccanismo era nuovo e non collaudato e soprattutto perché non c'era possibilità di banking dei diritti di emissione per il periodo successivo.

Dall'entrata in vigore del secondo periodo del sistema EU ETS, coincidente con il primo periodo del Protocollo di Kyoto, i prezzi hanno subito un forte aumento, fino a quasi 30€/t, per poi stabilizzarsi ad un valore vicino ai 15€/t. Il prezzo dei CERs, disponibili dal 2008 con l'entrata in vigore del primo periodo del Protocollo di Kyoto, ha sempre seguito quello degli EUA fino al 2012, anno in cui si è verificato un crollo dei prezzi di entrambi i crediti. Gli EUA si attestano ora in valori compresi tra 4€/t e 7€/t mentre il valore dei CERs si è quasi annullato a causa dei motivi citati in precedenza.

Capitolo 4

Focus sui processi di stampaggio del PET

Questo capitolo riguarda le tecnologie di stampaggio della plastica: le caratteristiche del PET, il suo stampaggio, e le macchine ausiliarie per la lavorazione di materie plastiche. Viene analizzato il processo per avere un quadro completo per poter valutare l'ottenimento di incentivi e per redigere una proposta di scheda analitica per l'ottenimento di certificati bianchi tramite sostituzione di essiccatori industriali ad alta efficienza, tema che verrà affrontato nel capitolo successivo.

4.1 II PET

Il polietilentereftalato, meglio conosciuto come PET, fu brevettato in Inghilterra nel 1941 come polimero per fibre tessili sintetiche e solo molti anni più tardi sviluppato come resina per la fabbricazione di contenitori per alimenti. Negli anni ha assunto importanza rilevante in vari settori ed applicazioni tecnologiche, tanto che oggi è da considerarsi una *commodity*²². Il PET è il packaging d'eccellenza per molti prodotti, proprio per le sue proprietà fisiche e meccaniche come la trasparenza, l'effetto barriera nei confronti dell'anidride carbonica e la leggerezza.

4.1.1 Caratteristiche generali

Il PET è un omopolimero lineare termoplastico, cioè rammollisce con il calore fino a completa fusione e solidifica per successivo raffreddamento. La via più semplice per ottenerlo è l'esterificazione dell'acido tereftalico con il glicole etilenico e l'eliminazione d'acqua. Industrialmente si può utilizzare, al posto dell'acido tereftalico, il dimetiltereftalato, che è più facilmente purificabile. In questo caso si ha l'eliminazione di metanolo, anziché di acqua.

²² Il termine *commodity* indica un bene per cui c'è domanda ma che è offerto senza differenze qualitative sul mercato, cioè il prodotto è lo stesso indipendentemente da chi lo produce. Un esempio di *commodity* sono il petrolio o i metalli.

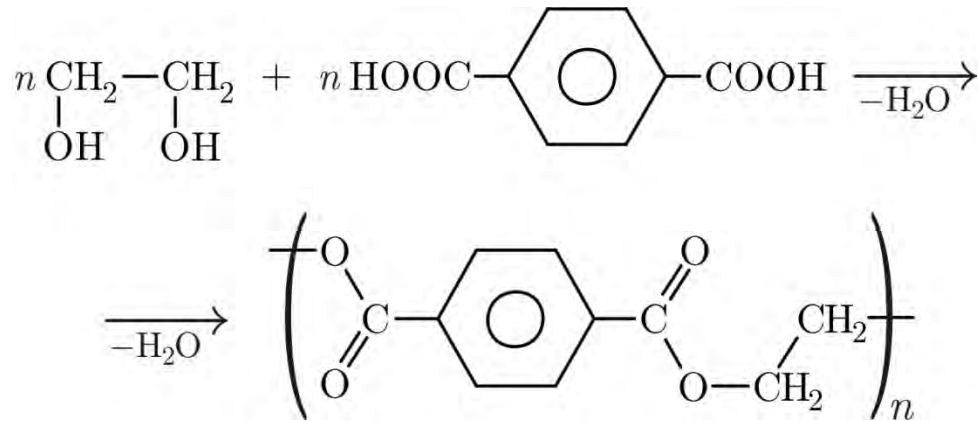


Figura 4.1: Reazione di sintesi del polietilene tereftalato (per esterificazione tra glicole etilenico e acido tereftalico). Fonte: Wikipedia.

A questo processo segue la polimerizzazione tramite una reazione di policondensazione dei monomeri: a mano a mano che si allunga la catena, il peso molecolare e la viscosità del fuso aumentano. Raggiunta la lunghezza richiesta, il materiale viene raffreddato e ridotto in granuli. Ciò si può ottenere tramite diverse lavorazioni: si può estrudere il fuso in un bagno attraverso una filiera e quindi tagliare il materiale con lame rotanti, oppure ridurre il polimero ad un nastro semi-solido facendolo colare su un cilindro raffreddato ad acqua per poi tagliarlo in due direzioni perpendicolari. I prodotti o gli scarti di lavorazione possono essere rigenerati e lavorati nuovamente, a meno che non siano stati chimicamente degradati da una sollecitazione termica eccessiva.

Le proprietà chimico-fisiche del PET sono riassunte nella tabella 4.1.

Tabella 4.1: Caratteristiche chimico-fisiche del PET. Fonte: Wikipedia.

Formula chimica	$(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$
Densità (amorfo)	1,38g/cm ³
Densità (monocristallino)	1,46g/cm ³
Punto di fusione	260°C
Conducibilità termica	0,15-0,24W/(mK)
Capacità termica	1,0kJ/(kgK)

4.1.2 Contenitori in PET

Le bottiglie in PET, utilizzate come contenitori di liquidi come acqua, latte e bevande, vengono prodotte a partire dai granuli di materiale adoperati per preparare le preforme ed eventualmente addizionati di sostanze coloranti per conferire il colore voluto alla bottiglia. La grammatura e la forma delle preforme sono fondamentali per il successivo processo di soffiatura che permetterà di ottenere la bottiglia da mettere in commercio. Infatti più la

preforma è pesante, più il contenitore risulterà resistente, mentre la forma influisce sulla distribuzione del PET nel contenitore finale e deve essere studiata in funzione di quella del contenitore stesso, poiché una distribuzione non corretta del PET potrebbe creare dei punti di accumulo o di carenza di polimero peggiorando drasticamente le caratteristiche del contenitore.



Figura 4.2: Preforme e bottiglie di vari colori e dimensioni. Fonte: Sardaplast.

Il PET delle bottiglie può presentarsi con struttura cristallina o amorfa. In confronto alla struttura amorfa, la cristallina favorisce l'effetto barriera ai gas e la resistenza ai reagenti chimici. In essa, inoltre, l'assorbimento igroscopico dell'acqua è più lento che in quello amorfo. La struttura cristallina però conferisce all'oggetto un colore bianco opaco, rispetto alla trasparenza offerta da quella amorfa. Il PET cristallino non ha transizione vetrosa²³, passa cioè dallo stato solido allo stato liquido al di sopra dei 260°C: questo ne permette l'essiccazione prima della lavorazione. L'acqua può portare infatti ad una degradazione chimica delle catene polimeriche durante la lavorazione. La temperatura di fusione e transizione vetrosa aumentano con il grado di cristallinità. Le condizioni favorevoli alla

²³ La temperatura di transizione vetrosa, indicata con T_g , rappresenta il valore di temperatura al di sotto della quale un materiale amorfo si comporta da solido vetroso.

cristallizzazione si verificano tra circa 85°C (poco superiore al valore di T_g, che è di 79°C) e 250°C (poco inferiore alla temperatura di completa fusione). All'estremo inferiore di questo intervallo di temperatura, la velocità di cristallizzazione inizialmente molto lenta aumenta progressivamente fino a diventare massima fra i 140°C e i 180°C. Ne consegue che per avere dei manufatti perfettamente trasparenti bisogna operare ad una temperatura sufficientemente alta per distruggere i cristalliti presenti nella resina e raffreddare il prodotto più velocemente possibile per evitare la cristallizzazione nell'intervallo di temperatura critico. Dato però che la conduttività termica del PET è molto bassa, il calore viene dissipato lentamente dal centro della parete dell'oggetto verso l'esterno e questo può essere causa di opacità. È quindi opportuno che lo spessore della plastica non superi i 4,5 mm. Per oggetti con spessori maggiori è necessario utilizzare resine specialmente formulate per evitare la rapida formazione di cristalliti.

Per essere impiegato nella produzione di contenitori a partire dal materiale vergine, il PET deve subire un trattamento preliminare detto polimerizzazione in fase solida o rigradazione. Esso consiste nel riscaldamento dei granuli a temperatura superiore a 220°C in atmosfera di gas inerte (azoto), in modo da ottenere una parziale cristallizzazione del polimero, una riduzione del contenuto di acetaldeide ed una riduzione del peso molecolare. Questo a vantaggio sia delle sue caratteristiche di essiccamento e stampaggio, sia della qualità dei prodotti finiti. Le resine in commercio hanno in genere un grado di cristallinità intorno al 50%, soluzione di compromesso per mantenere le buone caratteristiche di entrambe le strutture.

Come detto in precedenza, Il PET è un materiale igroscopico: esso assorbe umidità atmosferica fino a che il suo contenuto è in equilibrio con quello ambiente. Nei polimeri non igroscopici l'umidità è trattenuta superficialmente, mentre nel particolare caso delle materie plastiche igroscopiche, l'umidità viene assorbita anche all'interno del granulo plastico.

La presenza di umidità nel granulo di materiale plastico comporta alcuni difetti nel manufatto che possono essere evidenti e non evidenti. I difetti evidenti si riassumono in: aspetto opaco; striature argentate; striature brune; linee di saldatura deboli; pezzi incompleti; sbavature; bolle e soffiature. I difetti non evidenti intervengono perché la presenza di umidità nel granulo porta, alla temperatura di trasformazione, a una degradazione del polimero. I difetti non evidenti possono riassumersi in: diminuzione delle proprietà meccaniche; deformazioni accentuate; invecchiamento irregolare; ritiri incostanti.

La condizione per cui una resina sia ammessa nel mercato per la produzione di alimenti è la sua totale inerzia chimica. Il PET non reagisce in alcun modo con i prodotti alimentari ed il sapore delle bevande non viene influenzato dalla resina dei contenitori. Può succedere però che il PET decomponga con la produzione di acetaldeide, in quantità pari a qualche ppm/peso. L'acetaldeide è una sostanza chimica che si trova in natura in gran parte della frutta matura, per cui, anche se rilasciata dai contenitori, è totalmente innocua per la salute del consumatore;

tuttavia ha un aroma forte e penetrante che altera il sapore di bevande sensibili come l'acqua minerale. L'acetaldeide si forma durante la fusione del PET e resta imprigionata nella matrice vetrosa della preforma raffreddata. I meccanismi di formazione sono essenzialmente due: l'idrolisi del gruppo C2 terminale con formazione di glicole etilenico come intermedio e la decomposizione termica del legame esterico con formazione di un estere vinilico come intermedio. Più alta è la temperatura di lavorazione e più lungo è il tempo di permanenza a data temperatura, maggiore sarà il tenore di acetaldeide nel prodotto finito. Mantenere basso il tenore di acetaldeide nelle preforme significa operare a temperature di processo più basse possibili, tenendo sotto controllo anche i parametri che possano causare un aumento di temperatura nel fuso. In sintesi, dunque, i parametri che influenzano la produzione di acetaldeide sono:

- La qualità della resina PET: valore di partenza di acetaldeide basso, buon essiccamento del materiale;
- I parametri operativi: temperatura di fusione, velocità della vite dell'estrusore, tempo del ciclo, efficienza del raffreddamento della preforma.

4.2 Lavorazione del PET

La lavorazione del PET per la produzione di contenitori per liquidi avviene mediante il processo di *Injection stretch blow molding* (ISBM), che può essere monostadio o bistadio. Come detto in precedenza, prima di tale processo il PET, essendo un materiale altamente igroscopico, necessita di un trattamento di deumidificazione e di condizionamento termico per garantire le proprietà fisiche e chimiche richieste.

4.2.1 Deumidificazione

I granuli plastici devono essere essiccati fino ad un valore di umidità residua tollerabile chiamato "percentuale limite d'impiego" che, solitamente, per il PET è fissato ad un valore attorno ai 50ppm.

Per comprendere il meccanismo di deumidificazione, si considera innanzitutto il comportamento igroscopico dell'aria. Essa ha la possibilità di trattenere acqua fino alla sua saturazione. La quantità d'acqua che rende satura l'aria aumenta all'aumentare della temperatura, ad esempio: 1 kg d'aria è reso saturo a 20°C da 14,7 grammi d'acqua, a 35°C da 36,6 g d'acqua e a 50°C da 86,2 g d'acqua. Nel diagramma psicrometrico di figura 4.2 viene descritta la relazione tra la temperatura dell'aria (espressa in gradi centigradi da -10 a 50), l'umidità assoluta (espressa in grammi di vapore per chilogrammi di aria secca) e l'umidità relativa, diagrammata dalle curve rosse, valori osservati alla pressione di una atmosfera.

L'umidità relativa dell'aria è espressa in percentuale ed è il rapporto fra la quantità effettiva d'acqua contenuta nell'aria e la quantità d'acqua che porterebbe l'aria stessa alla saturazione. Poiché la quantità d'acqua che porta l'aria a saturazione varia al variare della temperatura, è indispensabile fissare, oltre alla percentuale d'acqua contenuta nell'aria, anche la temperatura alla quale l'umidità relativa si riferisce. Dalla figura si può notare che c'è corrispondenza fra la temperatura dell'aria e la quantità d'acqua che, a quella temperatura, porta l'aria a saturazione. Pertanto, invece di fissare la quantità d'acqua contenuta nell'aria, si potrà fissare la temperatura alla quale quell'aria diventa satura. Questa temperatura, che indica la quantità d'acqua contenuta nell'aria, è il *dew point* dell'aria, o punto di rugiada. In tabella 4.2 vengono riportati alcuni valori di *dew point* e la corrispondente quantità d'acqua contenuta nell'aria.

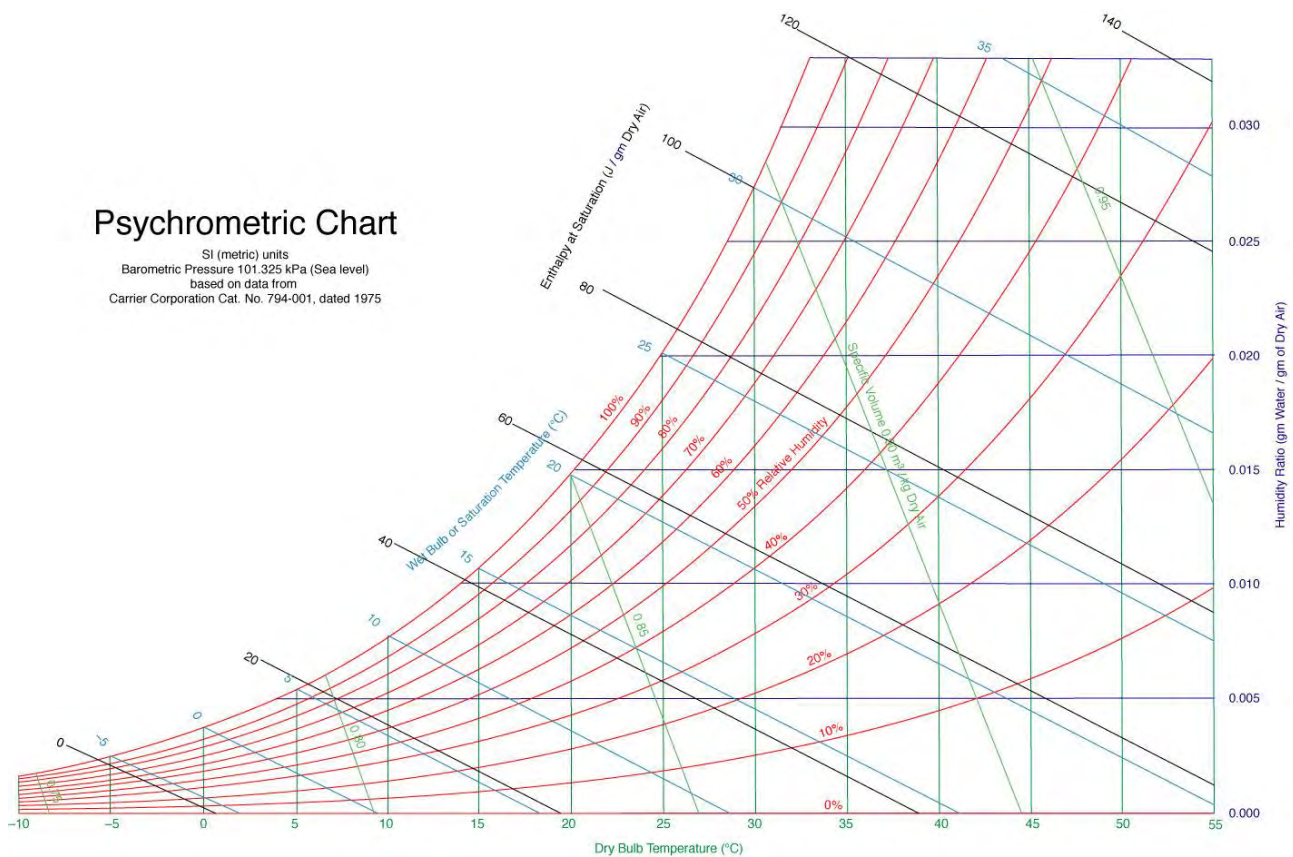


Figura 4.2: Diagramma psicrometrico. Fonte: Carrier Corporation.

Tabella 4.2: Dew point e umidità. Fonte: Advanced Specialty Gas Equipment.

Dew point [°C]	Umidità relativa a 21°C [%]	ppm in peso rispetto all'aria secca
-90	0,00037	0,057
-80	0,00214	0,33
-70	0,0104	1,58
-60	0,0430	6,59
-50	0,157	24,1
-40	0,516	78,9
-30	1,52	234
-20	4,13	633
-10	10,4	1596
0	24,4	3640
10	49,1	7530
20	93,5	14330

Quando un granulo secco viene posto in un ambiente umido, avviene uno scambio e il granulo assorbe umidità dall'ambiente fino a quando si stabilisce un equilibrio fra granulo e ambiente. Il valore dell'equilibrio dipende dal valore dell'umidità dell'ambiente e dal tipo di granulo. Così come un granulo secco posto in un ambiente umido prende umidità fino al raggiungimento di un equilibrio, allo stesso modo un granulo umido posto in un ambiente secco cede umidità fino al raggiungimento di un equilibrio. Più secco è l'ambiente, più basso è il punto di equilibrio e quindi meno umidità resta nel granulo. Fissato il valore di umidità residua desiderato, si dovrà scegliere un ambiente (aria) che abbia un dew point tale da permettere di raggiungerlo. Bisogna inoltre distinguere tra l'umidità superficiale e l'umidità nel cuore del granulo: la prima viene assorbita e può essere rimossa più velocemente della seconda.

Se l'ambiente secco è costituito da un flusso d'aria calda, il processo d'essiccazione viene logicamente accelerato, ma le variabili del processo mantengono lo stesso andamento. In un processo d'essiccazione, l'aria calda investe il granulo plastico che è posto in una tramoggia. L'umidità interna del granulo, sollecitata dalla temperatura, migra verso l'esterno e viene prelevata, assieme all'umidità superficiale, dal flusso d'aria. Essiccare o deumidificare significa asportare l'acqua dalla catena molecolare del polimero. Questo avviene abbastanza rapidamente dalla superficie del granulo, ma richiede tempi più lunghi per la migrazione dell'umidità dal cuore del granulo verso la periferia, per asportare infine le molecole d'acqua trasformate in vapore e catturate dall'aria di processo molto secca. Il tempo necessario per far

migrare l'acqua dal cuore del granulo fino alla superficie e, infine, farla assorbire e asportarla attraverso l'aria di processo non è modificabile, qualunque sia la tecnica che si impiega per l'essiccazione, in quanto è influenzato, come dimostrato anche dalla seconda legge di Fick (4.4), solo dalla temperatura, che non può superare il limite imposto dal produttore del polimero.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad 4.1$$

$$D = D_0 \exp\left(\frac{-U}{kT}\right) \quad 4.2$$

dove C è la concentrazione delle molecole d'acqua, la quale dipende a loro volta dal tempo t e dalle coordinate spaziali x del granulo, e D è il coefficiente di diffusione dell'umidità nel materiale granulare plastico, calcolato nella 4.2 tramite il modello di Arrhenius.

Il tempo di processo può variare sensibilmente con il variare del contenuto e del tipo di umidità iniziale, ma complessivamente le tempistiche per il trattamento di materiali igroscopici rimangono quelle di riferimento indicate dal produttore del materiale.

Le variabili principali del processo di essiccazione sono:

- Umidità di partenza del granulo;
- Umidità residua richiesta;
- Temperatura dell'aria di processo;
- Portata dell'aria di processo;
- Dimensioni del granulo;
- Tempo di essiccazione;
- *Dew point* dell'aria di processo;
- Tipo di polimero.

Umidità di partenza del granulo

All'aumentare del valore di umidità di partenza del granulo, aumenta il tempo necessario per la sua l'essiccazione. L'umidità di partenza dipende dal tipo di polimero, dal processo di produzione dello stesso e dalle condizioni di stoccaggio. I produttori di granuli dovrebbero normalmente garantire non solo l'umidità di produzione, ma anche l'umidità di consegna. È comunque buona norma procedere a un controllo prima della trasformazione in quanto, dopo la produzione e la consegna, fino all'impiego, intervengono fattori che modificano il tenore di

umidità.

Umidità residua richiesta

Tutto il processo d'essiccazione del granulo è influenzato dall'umidità residua che viene richiesta per una buona trasformazione. Il valore dell'umidità residua viene fissato in funzione del tipo di materiale plastico e delle caratteristiche che si desiderano per il prodotto finito. I produttori delle resine plastiche indicano, solitamente, il valore di umidità residua (limite d'impiego) al di sopra del quale non sono garantite per il manufatto le caratteristiche proprie del tipo di materiale plastico impiegato. Per la produzione di contenitori in PET tale limite è generalmente attorno ai 50ppm.

Temperatura dell'aria di processo

All'aumentare della temperatura dell'aria di processo il tempo di deumidificazione diminuisce. Si dovrà pertanto cercare di lavorare a una temperatura più alta possibile, compatibilmente con i limiti dati da ciascun tipo di materiale plastico (si veda la temperatura di rammollimento, la temperatura alla quale vengono emanate sostanze inquinanti, ecc.). Per il PET tale temperatura è tra i 170°C e i 190°C.

Portata dell'aria di processo

Con un determinato *dew point* dell'aria di processo impiegata, si può raggiungere più velocemente la stessa umidità residua aumentando la portata dell'aria. Per ogni tipo di materiale, viene fissato un valore ottimo di fabbisogno d'aria (K), al di sotto del quale non si lavora in condizioni ideali. Il fabbisogno viene espresso in metri cubi d'aria per ogni chilogrammo di granulo da essiccare. È opportuno che la portata d'aria sia la più elevata possibile, compatibilmente con eventuali inconvenienti che una portata troppo elevata può portare. Tra gli inconvenienti, si citano la movimentazione e il trasporto del granulo all'interno della tramoggia e la temperatura troppo elevata che può stabilirsi nella parte superiore della tramoggia. All'aumentare della portata d'aria si ha un consumo energetico maggiore, si deve pertanto trovare il giusto compromesso tra tempo di processo e portata.

Dimensioni del granulo

Più grande è il granulo, maggiore è il tempo necessario affinché l'umidità di una resina igroscopica migri dall'interno verso l'esterno. La forma stessa del granulo influisce sul tempo di essiccazione. Al diminuire della superficie per unità di volume (da cubo a cilindro a sfera) aumenta il tempo di permanenza teorico. Per miscele di granuli di dimensioni diverse, il tempo d'essiccazione deve essere logicamente rapportato al granulo di dimensioni maggiori. Non bisogna dimenticare che anche pochi granuli non essiccati possono rovinare una grande quantità di materiale. Particolare attenzione deve essere posta quando si essicca del materiale

rimacinato, il quale può presentare le forme più disparate, e il tempo d'essiccazione deve essere rapportato al pezzo più difficoltoso da essiccare. I granuli di PET si trovano principalmente in tre forme: cilindrica, sferica o ovale allungata, e ciascuna di esse presenta un diverso comportamento igroscopico.

Tempo di essiccazione

In funzione del tipo di granulo e delle condizioni in cui si trova, fissato il *dew point* dell'aria necessario per raggiungere l'umidità residua voluta, stabilita la temperatura e la portata dell'aria, la buona riuscita dell'essiccazione dipenderà esclusivamente dal tempo, che è senza dubbio uno dei fattori più importanti nel processo di deumidificazione.

Nel processo di deumidificazione dei materiali polimerici, inoltre, si distingue tra essiccazione statica ed essiccazione dinamica.

L'essiccazione statica (o batch) è un processo discontinuo e non automatico. La tramoggia viene riempita di granulo, che viene prelevato completamente a fine essiccazione. L'essiccazione dinamica (o continua), invece, è un processo automatico. Il granulo viene prelevato in maniera continua dalla parte inferiore della tramoggia mentre l'alimentatore automatico, posto sopra alla tramoggia, provvede a mantenere la tramoggia sempre piena. Per quanto riguarda i materiali igroscopici, occorre tener presente non solo la quantità d'acqua assorbita, ma anche la velocità di assorbimento dell'umidità. In funzione della velocità d'assorbimento, si potrà decidere per una deumidificazione statica o continua. Nel caso di deumidificazione statica, occorrerà avere i dovuti accorgimenti per evitare che il materiale riacquisti umidità oltre i limiti d'impiego. Nel caso di deumidificazione continua, si dovrà decidere se trasportare il granulo secco con aria ambiente normale o con aria secca. La quantità d'acqua assorbita e la velocità d'assorbimento sono dati che i produttori di materie plastiche forniscono per ogni tipo di materiale plastico. In base a tale limite e alla curva di deumidificazione, si può stabilire il *dew point* dell'aria da impiegare nel processo e il tipo di processo. Occorre cioè stabilire se sia sufficiente una semplice essiccazione con aria ambiente normale, o se invece sia indispensabile una vera e propria deumidificazione con aria preventivamente essiccata. Per quanto riguarda le lavorazioni con il PET per la produzione di bottiglie, esse necessitano di una essiccazione spinta, dunque con il metodo dinamico.

4.2.2 Essiccatori

La tecnologia utilizzata per essiccare i granuli di PET consiste nell'utilizzo di aria preventivamente deumidificata, fino ad un *dew point* attorno ai -40°C e fatta insufflare attraverso il materiale contenuto in una tramoggia per un tempo ed a una temperatura

determinati.

L'aria di processo segue un percorso ciclico che prevede una fase di riscaldamento, una di flusso attraverso la tramoggia contenente il PET, ed un successivo ritorno all'essiccatore ad adsorbimento (*desiccant bed dryer*). Quest'ultima fase permette di raccogliere l'umidità presente nell'aria mediante l'impiego di setacci molecolari.

L'intero sistema, dunque, si compone sostanzialmente di due parti:

- La tramoggia (o le tramogge), al cui interno avviene il trattamento vero e proprio;
- Il deumidificatore (*dryer*), che genera aria deumidificata in quantità ed alla temperatura richiesta.

Tramoggia

La tramoggia è essenzialmente un contenitore di forma cilindrica, dotato di coibentazione, in modo da ridurre la dispersione di calore verso l'esterno, e terminante inferiormente con un tratto rastremato di scarico dotato di apposita bocca di scarico. Nell'essiccazione dinamica il materiale viene versato dal lato superiore ed estratto da quello inferiore (mediante una sonda), in modo da mantenere sempre piena di materiale la tramoggia. Durante il transito, il materiale viene investito dall'aria calda e deumidificata. Il tempo impiegato per attraversare la tramoggia (permanenza) determina la durata del trattamento. La tramoggia, in cui vengono stoccati i granuli plastici da sottoporre a deumidificazione, è collegata a tenuta di fluido al *dryer*.

Per essere considerata funzionale, una tramoggia deve:

- Avere un giusto rapporto diametro/altezza per una giusta velocità dell'aria e per una temperatura uniformemente distribuita;
- Avere il cono diffusore e la configurazione interna tali da non permettere percorsi preferenziali e da garantire un attraversamento dell'aria e una discesa del granulo uniformi;
- Essere completamente coibentata, non tanto per ridurre le perdite di calore verso l'esterno, quanto per avere una distribuzione radiale uniforme della temperatura. Se sulle pareti la temperatura fosse inferiore a quella interna, il granulo che scende lungo le pareti arriverebbe allo scarico non essiccato in modo adeguato;
- Essere munita di filtro all'uscita;
- Essere mantenuta sempre piena da un alimentatore automatico per garantire, quando si ha un'essiccazione continua, il tempo di permanenza del granulo in tramoggia.



Figura 4.3: Tramogge per l'essiccazione dei granuli di PET. Fonte: Conair.

Dryer

Il deumidificatore (o dryer) è un generatore di aria calda e deumidificata, dotato di una soffiante per far circolare l'aria nella tramoggia di processo. Il generatore produce aria calda e secca e la insuffla dentro alla tramoggia. L'aria, attraversando il materiale, trascina sia l'umidità che si trova all'esterno del granulo sia l'umidità che è migrata dall'interno verso l'esterno. Il *dew point* dell'aria è fisso in quanto si riferisce a un'aria secca prodotta dal generatore in determinate condizioni. Il generatore dovrà fornire la quantità d'aria necessaria alla temperatura richiesta dal tipo di granulo.

Le componenti fondamentali di un dryer sono:

- Soffiante di processo: fa circolare l'aria di processo attraverso il circuito chiuso. La portata ottenuta è il parametro che si usa per scegliere il deumidificatore;
- Setacci molecolari: adsorbono l'umidità assorbita dall'aria all'interno della tramoggia;
- Camera di riscaldamento: grazie a delle resistenze elettriche, eleva la temperatura dell'aria al valore stabilizzato richiesto per il materiale.

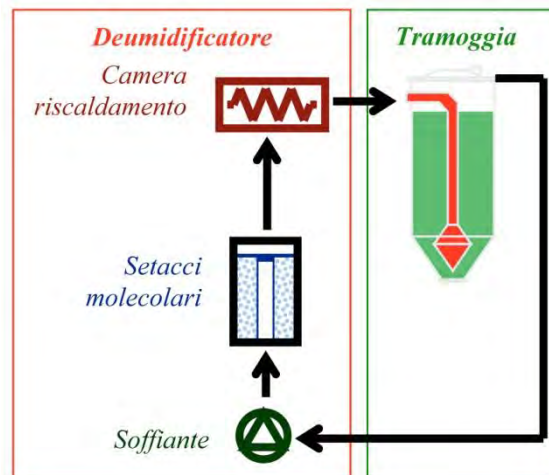


Figura 4.4: Schema di un dryer a setacci molecolari. Fonte: Marin M. (2012).

I setacci molecolari sono dei composti sintetici costituiti da alluminosilicati che riproducono la struttura cristallina delle zeoliti naturali. Le zeoliti sono una famiglia di minerali con una struttura regolare e microporosa, con pori di diametro compreso tra 3 e 10 ångström²⁴, caratterizzati da una enorme quantità di volumi vuoti interni ai cristalli. I setacci, essendo altamente porosi, hanno proprietà adsorbenti e sono inoltre dotati di una forte affinità per l'acqua o per specifici gas e liquidi. Hanno un'area superficiale molto elevata all'interno dei pori (600–700 m²/g). Le molecole con dimensioni maggiori dei pori non possono entrare nel materiale, mentre le molecole con dimensioni abbastanza piccole da penetrare attraverso i pori possono entrare; in genere le molecole polari sono adsorbite sulla superficie interna dei pori e restano intrappolate, mentre le molecole apolari non sono tratteneute. Questa selettività, basata sulla dimensione delle molecole e unita ad una preferenza per le molecole polari o polarizzabili, conferisce ai setacci molecolari un alto livello di efficienza.

Essi hanno un buon rendimento se sono investiti da aria a bassa temperatura (in ogni caso non superiore a +60°C). Il rendimento diminuisce però in funzione del numero di rigenerazioni che i setacci hanno effettuato. Dopo circa 5000 rigenerazioni, il rendimento dei setacci scende normalmente del 50%. Inoltre, il rendimento dei setacci diminuisce se vengono contaminati. È necessario pertanto l'uso di filtri. In alcuni casi, è indispensabile l'impiego di veri e propri abbattitori di eventuali sostanze inquinanti che, alla temperatura di essiccazione, possono uscire dal granulo plastico.

²⁴ Un ångström [Å] corrisponde a 10⁻¹⁰m

Quando i pori sono completamente saturi, il processo di deumidificazione non può più continuare: in questo caso si ricorre alla rigenerazione.

La rigenerazione può essere svolta in tre modi:

- **Essiccatori con rigenerazione senza calore (*heatless*):** questi essiccatori utilizzano aria compressa, trattata, non riscaldata per rigenerare i setacci molecolari. Il flusso viene espanso prima dell'ingresso nella colonna, diminuendo dunque l'umidità relativa dell'aria e rendendo più efficace il processo. Nonostante ciò questa tipologia di essiccatori è la più dispendiosa perché utilizza una grande quantità di aria compressa prelevata dal flusso di processo. Normalmente la quantità utilizzata è il 15% della capacità d'aria della macchina. Nonostante i costi operativi siano alti, è una tecnologia molto diffusa per suoi bassi costi iniziali;
- **Essiccatori con rigenerazione a caldo (*heated*):** L'aria compressa utilizzata per la rigenerazione, viene riscaldata fino a circa 200°C, tramite delle resistenze che possono essere poste all'interno delle colonne dei setacci, oppure al loro esterno. Nel caso in cui vengano poste internamente si ha come svantaggio l'accorciamento della vita utile dei setacci, che raggiungono temperature tra i 250 e i 300°C. Questa tipologia di essiccatori presenta i minori costi energetici, grazie all'utilizzo più limitato di aria compressa di processo, normalmente attorno al 7% della capacità della macchina.
- **Essiccatori con rigenerazione ad aria ambiente:** questi essiccatori utilizzano per la rigenerazione aria calda, però, a differenza degli *heated*, impiegano aria ambiente, fornita tramite un ventilatore. La quantità d'aria necessaria è normalmente attorno al 20% della capacità dell'essiccatore. In certi casi una piccola quantità d'aria compressa può essere necessaria per raffreddare la colonna, alla fine del processo di rigenerazione.

Esistono differenti tipologie di deumidificatori in base alla diversa tecnica di rigenerazione adottata.

Le tipologie più comuni sono:

- Monotorre;
- Doppia torre;
- Doppia torre con soffiante separata (o doppia pompa);
- Doppia torre con raffreddamento in cortocircuito;

Il sistema monotorre, in figura 4.4 a, è il più semplice ed è dotato di un'unica torre porta-setacci. La stessa resistenza usata per il riscaldamento dell'aria di processo viene usata per la rigenerazione (invertendo il flusso dell'aria). Durante la rigenerazione, viene interrotto il flusso d'aria verso la tramoggia. Si presta a piccole produzioni, con esigenze non troppo stringenti.

Nei sistemi a doppia torre, rappresentati in figura 4.4 b, ci sono due torri porta-setacci separate, che si alternano durante il funzionamento. Il trattamento ottenuto è quindi di tipo

continuo. La stessa soffiante fa circolare l'aria nella tramoggia (durante la fase di processo) e nella torre da rigenerare (durante la fase di rigenerazione). Poiché l'aria di rigenerazione viene espulsa, una piccola quantità di aria ambiente entra in circolo; ciò può rendere le prestazioni dipendenti dalle condizioni ambientali.

Anche nel sistema a doppia torre con soffiante separata di figura 4.4 c ci sono due torri portasetacci separate, che si alternano durante il funzionamento. In questo caso c'è una soffiante separata per l'aria di rigenerazione. Il circuito dell'aria di processo risulta quindi completamente chiuso. Ciò permette di rendere le prestazioni molto meno dipendenti dalle condizioni ambientali.

A differenza dei casi precedenti, in cui il raffreddamento dei setacci dopo la rigenerazione veniva effettuato utilizzando aria ambiente, nel caso di doppia torre con raffreddamento in cortocircuito, rappresentato in figura 4.5 d, l'aria compie un circuito chiuso (il raffreddamento è ottenuto con acqua). Ciò rende la rigenerazione più efficace in presenza di tempi di raffreddamento lunghi (grosse quantità di setacci) e/o di forte umidità ambientale.

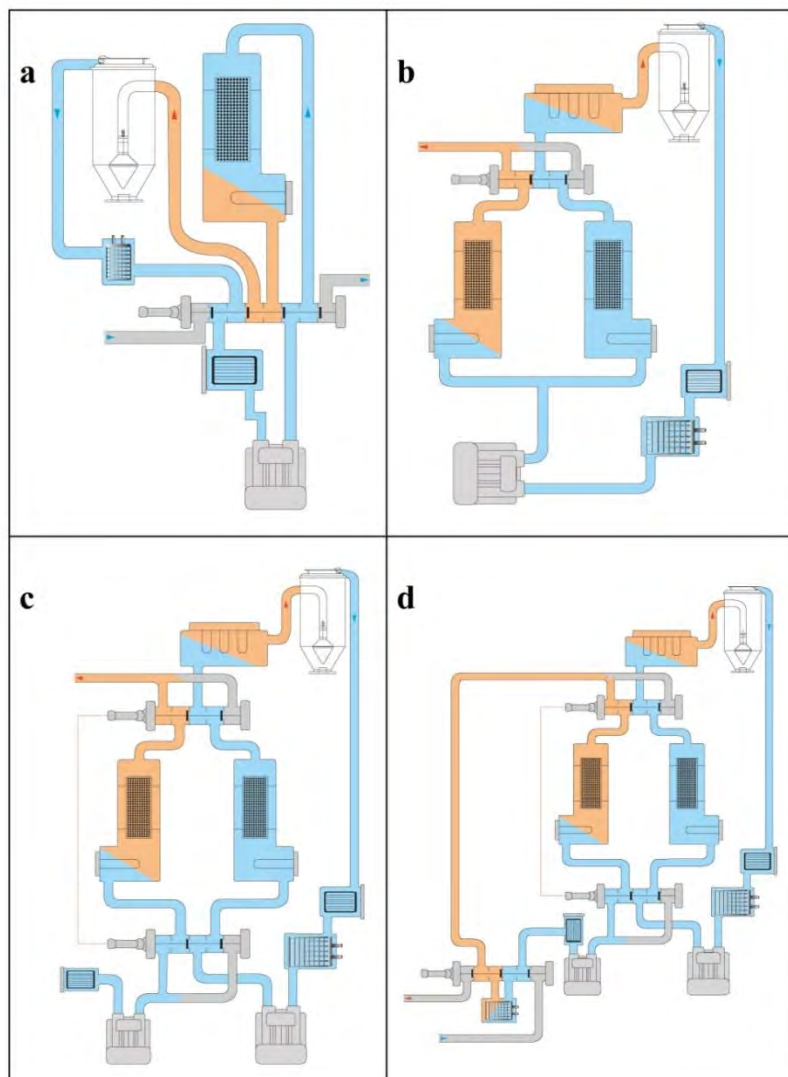


Figura 4.5: Tipologie di dryer più diffuse. Fonte: Marin M. (2012).

Per raggiungere una maggiore efficienza esistono controlli sul processo che permettono di agire sui parametri di funzionamento. Tra i più diffusi ci sono:

- *Dew point demand controller*: utilizza una sonda che monitora continuamente l'aria in uscita dalla torre di essiccamento. Consente di ritardare la rigenerazione finché l'aria in uscita raggiunge il massimo *dew point* accettabile per il processo. Normalmente, infatti, i cicli vengono preimpostati a tempo, e questo controllo consente una riduzione del numero dei cicli di rigenerazione, portando ad una minore usura dei setacci molecolari e delle valvole e a minori costi per la manutenzione generale. Può portare a risparmi di più del 50%.
- *Air flow management*: consente l'adattamento automatico della portata d'aria di processo in base alla variazione del volume di produzione, tramite feedback delle celle di carico della tramoggia.
- *Regeneration power management*: consente il recupero dell'energia utilizzata nel ciclo di rigenerazione per il riscaldamento, nella fase di raffreddamento dei setacci molecolari.

4.2.3 ISBM: processo monostadio

La tecnica utilizzata per la produzione dei contenitori è l'ISBM con resina in PET. Lo stampaggio per soffiaggio avviene insufflando aria compressa all'interno di una preforma posizionata in uno stampo cavo, in modo tale che gonfiando l'oggetto, esso prenda la forma delle pareti interne dello stampo. Il contenitore viene quindi raffreddato e lo stampo aperto per il prelievo del prodotto finito.

Nel processo monostadio la preforma è prodotta in situ attraverso un estrusore accoppiato al macchinario per il soffiaggio. L'intero processo può essere suddiviso nelle seguenti operazioni:

1. **Plasticizzazione:** I granuli di PET preventivamente deumidificati vengono inviati per gravità dalla tramoggia alla vite dell'estrusore, dove la lenta e continua rotazione consente di plasticizzare il PET e di inviarlo all'iniettore. La plasticizzazione avviene grazie all'azione combinata della vite, che mescola e fa avanzare il PET sottoponendolo ad una compressione contro le pareti, e del calore prodotto da una serie di resistenze disposte lungo l'asse longitudinale del cilindro dell'estrusore.
2. **Iniezione:** Il PET arriva alle camere degli iniettori e quindi agli stampi. Il tempo necessario per la produzione delle preforme (tempo di ciclo) dipende dalla forma geometrica e dal peso del contenitore da produrre. Il tempo di ciclo comprende, oltre al tempo di iniezione e di mantenimento, anche il raffreddamento delle preforme all'interno dello stampo, in cui viene fatta circolare acqua fredda alla temperatura di circa 10°C, lo scarico delle preforme dallo stampo e la chiusura dello stampo stesso.

3. **Movimentazione:** Completato il ciclo di iniezione/compattazione, gli stampi si aprono e, mediante un apposito trasferitore, le preforme vengono prelevate ed inserite nei rispettivi sistemi di trasporto (nastro trasportatore). Il collo delle preforme è raffreddato a circa 80-90°C, mentre il corpo esce ad una temperatura di circa 105°C. Durante la movimentazione, le preforme sono sostenute da platorelli che le mantengono nella posizione corretta.
4. **Condizionamento:** Il nastro trasporta le preforme alle aree di condizionamento termico. Questa fase permette di mantenere o eventualmente raggiungere un profilo termico ideale per la successiva fase di stiro/soffiaggio. Degli ugelli indirizzano l'aria calda sulla parte superiore della preforma. Per garantire una distribuzione omogenea, le preforme vengono fatte ruotare su se stesse. Il controllo della temperatura è un fattore molto importante per la qualità delle bottiglie, in quanto i rapporti di stiro variano notevolmente tra le fibre interne ed esterne della preforma (circa del 30%).
5. **Stiro/soffiaggio:** In questa fase avviene lo stiro verticale mediante un azionamento pneumatico (o in alcune versioni oleodinamico) con corsa verticale regolabile. Lo stiramento definitivo viene ottenuto dal soffiaggio in 2 fasi distinte di immissione aria a bassa pressione (10 bar) e ad alta pressione (25-30 bar). Il fondo è creato da un ulteriore stampo detto fondello.
6. **Espulsione:** Al termine del soffiaggio, il nastro trasportatore convoglia i contenitori alla stazione di scarico. Il gruppo funzionale espulsore svolge la funzione di sganciare le bottiglie dai platorelli. I sistemi di scarico sono in genere ad espulsione mediante soffio d'aria oppure per gravità.

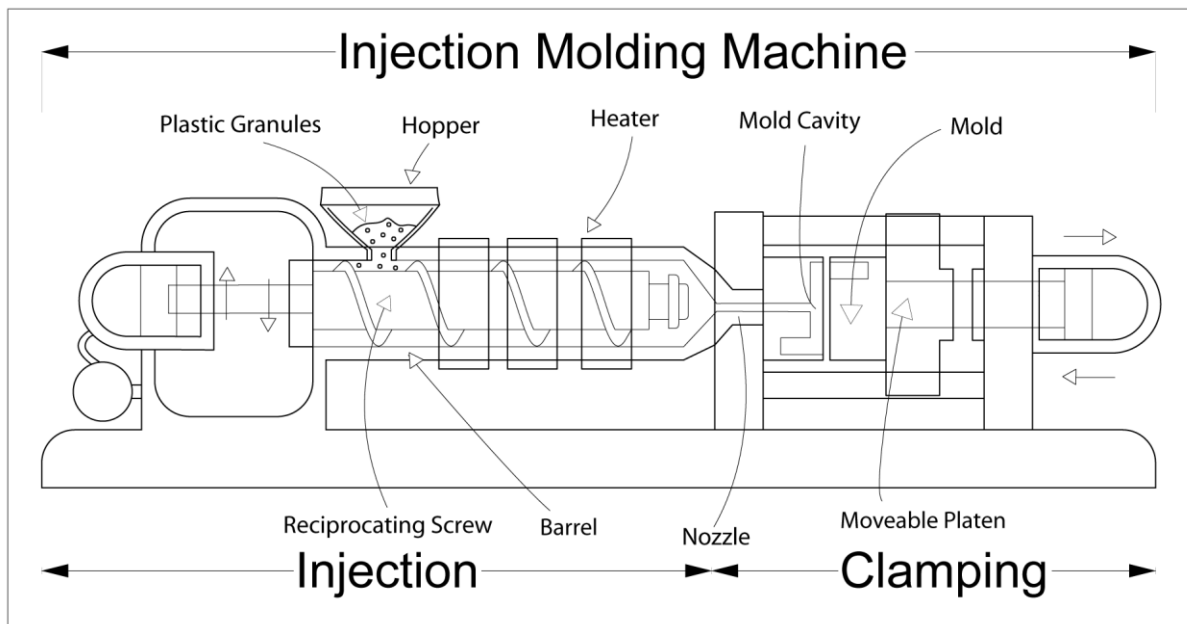


Figura 4.5: Macchina per la produzione delle preforme (fasi dalla 1 alla 3). Fonte: AV Plastics.



Figura 4.6: Stampi in alluminio per il soffiaggio delle preforme. Fonte: SIPA.

4.2.4 ISBM: processo bistadio

A differenza del processo monostadio, nel processo bistadio le preforme sono prodotte in precedenza in un altro impianto, raffreddate fino a temperatura ambiente e immagazzinate, e la fase di soffiatura avviene successivamente. Il processo così strutturato permette di minimizzare il contenuto di acetaldeide, poiché il materiale è sottoposto ad uno stress termico minore in quanto mantenuto a temperatura elevata per un tempo breve. Inoltre permette di avere scorte disponibili da utilizzare in momenti di picco della produzione, sfruttando impianti di soffiaggio particolarmente performanti.

Le preforme prima di essere soffiate per la produzione delle bottiglie vengono riscaldate, normalmente tramite forni ad infrarossi.

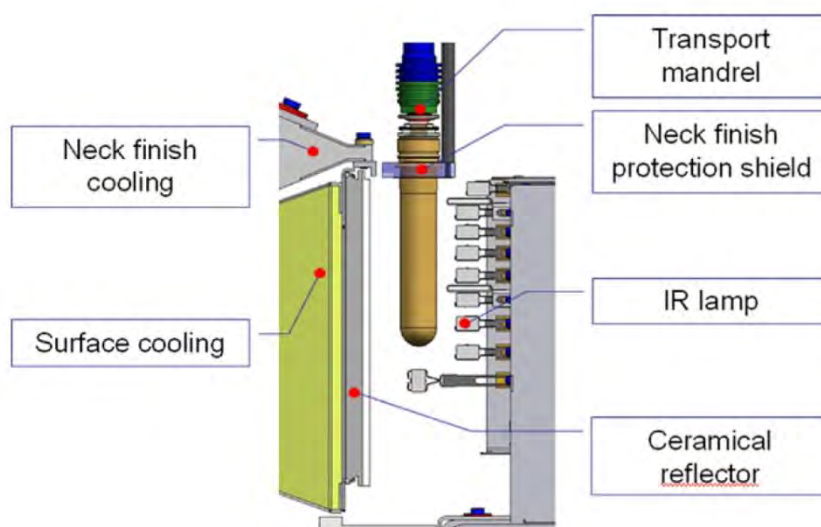


Figura 4.7: Schema del forno ad infrarossi. Fonte: Kronos AG.



Figura 4.8: Preforme riscaldate in un forno ad infrarossi. Fonte: Sidel Inc.

Capitolo 5

Esperienza di stage presso Esco Veneto per Piovan S.p.A.

5.1 TEE: proposta di scheda analitica per gli essiccatori industriali ad adsorbimento

Piovan S.p.A. ha chiesto di investigare le possibilità di proporre una nuova scheda analitica per l'ottenimento di certificati bianchi per interventi di installazione di nuovi essiccatori industriali ad adsorbimento. Si sono dunque valutati vari aspetti legati alla tecnologia presa in esame: lo stato attuale del mercato, l'individuazione dei parametri che caratterizzano i consumi e infine la proposta di scheda.

5.1.1 Individuazione dei parametri per il calcolo del RISP

A- Per individuare i parametri caratteristici che possano rendere operabile un computo ed un successivo confronto dell'energia consumata dai dryers, a parità di condizioni, si è tentato inizialmente di suddividere il processo in due parti, analizzate separatamente:

1. Calcolo della quantità di aria secca necessaria per essiccare l'unità di peso di PET. Questa parte ha come output un valore in $\text{Nm}^3/\text{kg}_{\text{PET}}$.
2. Calcolo della quantità di energia necessaria per produrre l'unità di volume di aria secca. Questa parte ha come output un valore in kWh/Nm^3 .

1 – Calcolo della quantità di aria secca necessaria per essiccare l'unità di peso di PET.

Per quantificare il RISP in questa parte del processo si è pensato di confrontare i valori medi misurati di aria secca utilizzata per ogni kg di PET prodotto, corretto per un fattore che tenga conto dell'umidità iniziale del granulo, e un valore di baseline in $\text{Nm}^3_{\text{aria}}/\text{kg}_{\text{PET}}$, secondo la 5.1.

$$Q_{\text{misurata}} * K - Q_{\text{baseline}} \quad (5.1)$$

Il problema di analisi di questa parte del processo è l'impossibilità di considerare in maniera semplice e univoca l'influenza dell'umidità iniziale dei granuli di PET da essiccare e l'assenza di dati medi che riguardino il processo. Questo è dovuto a molteplici fattori:

- La varietà di granuli utilizzati nel processo: essi possono essere cilindrici, sferici o ad ovale. Ciascun tipo presenta un comportamento igroscopico caratteristico del quale il fornitore dei granuli dovrebbe fornire le curve.
- La difficoltà di determinare se l'umidità è superficiale o nel cuore del granulo. Valori di umidità uguali in ppm, possono necessitare di tempi di trattamento, e dunque di quantità di aria essiccata, molto diversi, a seconda del tipo di umidità che hanno assorbito dopo la consegna da parte del fornitore.
- L'impossibilità, data la molteplicità delle variabili in gioco (umidità residua desiderata, dew point dell'aria, temperatura di processo, tempo di processo) di determinare una baseline univoca.

Si potrebbe semplificare il problema, poiché l'influenza della forma dei granuli è limitata, e si potrebbe considerare l'umidità di consegna dei granuli come parametro fissato, ma rimarrebbe comunque difficile da stimare la quantità d'aria necessaria a causa degli altri numerosi parametri in gioco.

Appare dunque impossibile, con questo approccio, la creazione di un algoritmo semplice che riesca a tenere in considerazione tutte le variabili che incidono sulla quantità di aria secca necessaria per essiccare l'unità di peso dei granuli di PET.

2- Calcolo della quantità di energia necessaria per produrre l'unità di volume di aria secca.

Per quantificare l'energia necessaria per la produzione di aria secca bisogna considerare le caratteristiche di ingresso e di uscita dell'aria, dunque *dew point* di input e di output. Ad incidere sull'efficienza energetica sono però le tecnologie utilizzate per la rigenerazione dei setacci molecolari e per la movimentazione dell'aria secca.

Tale approccio, dunque, renderebbe difficile considerare eventuali recuperi di calore per la rigenerazione.

B - Si è valutata perciò una modellazione diversa dell'algoritmo, valutando direttamente l'energia necessaria per produrre l'unità di peso di PET. Questo approccio semplifica il computo degli eventuali controlli attuati dal dryer poiché lavora con un maggior livello di aggregazione.

Si sono considerate le tre diverse tecnologie per la rigenerazione e sono stati individuati i consumi energetici di ciascuna di esse:

- Senza calore: interviene solo l'energia delle soffianti e dei compressori, sia durante il processo che durante la rigenerazione.

- A caldo: si devono considerare gli apporti energetici delle soffianti, dei compressori, degli heater per il riscaldamento per il processo e per la rigenerazione e del chiller.
- Con aria ambiente: le stesse componenti di quella a caldo.

L'algoritmo, dunque, si presenta come segue:

$$\left\{ \left[\frac{E}{M} \right]_{misurato} - \left[\frac{E}{M} \right]_{baseline} \right\} \cdot M \quad (5.2)$$

In cui E, l'energia totale del processo, viene computata diversamente nei tre casi, M è la massa di PET essiccato ed il valore del rapporto $\left[\frac{E}{M} \right]_{baseline}$ è stato valutato considerando valori medi del parco in attività.

- Per gli essiccatori con rigenerazione senza calore:

$$E = E_{soff} + E_{compr} \quad (5.3)$$

In cui E_{soff} è l'energia delle soffianti, E_{compr} , quella dei compressori.

- Per gli essiccatori con rigenerazione a caldo e per quelli che utilizzano aria ambiente:

$$E = E_{soff} + E_{heat} + E_{chiller} + E_{compr} \quad (5.4)$$

In cui E_{heat} è l'energia attribuibile agli heater, mentre $E_{chiller}$, quella attribuibile ai chiller.

Con questo approccio si dovrà tener conto dell'influenza dell'umidità dei granuli di PET considerando, per fasce di umidità di partenza, diverse baseline. È stato deciso di consentire due metodologie per la determinazione della fascia di umidità:

1. La prima consiste nel misurare l'umidità dei granuli di PET da processare, ricavarne la media pesata nel periodo considerato, e individuare in questo modo la fascia di riferimento.
2. La seconda consiste nel calcolo della media pesata dell'umidità di consegna dei granuli che viene resa disponibile dal fornitore.

In entrambi i casi vale:

$$Umidità\ di\ partenza = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \cdot M_i}{M} [ppm] \quad (5.5)$$

Questa scelta è stata effettuata per consentire al richiedente la possibilità di decidere se utilizzare uno strumento di misura che determini con precisione l'umidità di partenza dei granuli, valorizzando in maniera più accurata il risparmio ottenuto, oppure perdere una quota di certificati, utilizzando l'umidità di consegna dei granuli. L'umidità di consegna, infatti, è sicuramente inferiore o uguale all'umidità di inizio del processo, quindi, a fronte di minor costi per gli strumenti di misura e per il trattamento dei dati, esiste l'eventualità di considerare una baseline più bassa, ottenendo perciò meno certificati.

Per la determinazione della baseline si è considerato il calore da fornire ai granuli per riscaldarli da 20°C a 180°C, pari a 238,208kJ/kg (valore medio disponibile in letteratura), e il calore latente di evaporazione dell'acqua, pari a 4187kJ/kg_{acqua}. Se ipotizziamo l'umidità iniziale dei granuli di 2000ppm e fissiamo l'umidità richiesta a 50ppm, il calore necessario per trattare i granuli sarà pari a:

$$238,208 \frac{kJ}{kg} + (2000 - 50) \cdot 4187 \cdot 10^{-6} \frac{kJ}{kg} = 246,373 \frac{kJ}{kg} = 68,437 \frac{Wh}{kg}$$

L'influenza dell'umidità iniziale in questa fase è limitata, ma è comunque stata considerata tramite il parametro ΔE_{heat} .

L'umidità iniziale ha un'incidenza più significativa sulla rigenerazione della torre. In questo caso il contributo è legato al rapporto tra la massa di setaccio molecolare e la produzione orario del sistema di essiccamento. Considerando un aumento di 1000ppm, il numero delle rigenerazioni giornaliere passa da una media di 3,5 a 5, con un incremento dunque del 30%.

La quota di energia relativa alla rigenerazione è determinata dai seguenti fattori:

- Calore latente di evaporazione dell'acqua assorbita dal setaccio molecolare;
- Calore necessario per riscaldare la massa di setaccio molecolare;
- Perdite termiche di dispersione della torre porta setaccio e perdite fluidodinamiche nella torre porta setaccio;
- Pompa di rigenerazione.

In letteratura si possono recuperare i primi dati, mentre i secondi sono fortemente condizionati dal disegno della torre. Secondo esperienza, però, si può assumere che partendo da un'umidità iniziale di 1500ppm e arrivando a 50ppm, l'energia attribuibile alla rigenerazione è di (6±15%)Wh/kg, mentre partendo da 2500ppm essa è pari a (11±15%)Wh/kg.

Ogni 1000ppm, dunque, si ha un aumento dell'energia di rigenerazione dell'83% circa. Ipotizzando un comportamento lineare nel campo di utilizzo si può scrivere:

$$\Delta E_{rig} = \frac{E_{rig,rif} \cdot 0,83}{1000} \cdot \Delta ppm = 0,00498 \cdot \Delta ppm \quad (5.6)$$

Conteggiando anche i consumi medi dei compressori, delle soffianti e dei chiller, il consumo medio del parco attuale, dato un prodotto di partenza con umidità di 1500ppm è di 140Wh/kg. Gli altri valori di baseline sono stati ricavati tramite:

$$\left[\frac{E}{M}\right]_{baseline} = \left[\frac{E}{M}\right]_{1500} + \Delta E_{rig} + \Delta E_{heat} \quad (5.7)$$

L'umidità residua desiderata, considerando che la scheda riguarda solo le produzioni di bottiglie in PET, non incide in maniera significativa sui consumi energetici: all'interno del range abituale, di ampiezza attorno ai 100ppm, non ci sono infatti differenze consistenti. Le baseline ottenute sono le seguenti:

Tabella 5.1: Valori del rapporto E/M di baseline al variare dell'umidità di consegna.

Umidità di partenza [ppm]	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000
ΔE_{heat} [Wh/kg]	-1,45	-0,87	-0,29	0,29	0,87
ΔE_{rig} [Wh/kg]	-3,735	-1,245	1,245	3,735	6,225
$[E/M]_{baseline}$ [Wh/kg]	134,8	137,9	141,0	144,0	147,1
$[E/M]_{baseline}$ [tep/kg]·10 ⁻⁴	1,16	1,19	1,21	1,24	1,26

5.1.2 Redazione della proposta di scheda analitica

Seguendo le prescrizioni dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11, si sono individuati: categoria di intervento, vita utile, vita tecnica, e coefficiente di durabilità. L'applicabilità è stata limitata a lavorazioni che richiedono un'umidità di arrivo del granulo inferiore ai 150ppm, poiché sono le lavorazioni che richiedono più energia e che possono generare maggiori risparmi.

Per quanto riguarda l'algoritmo per il calcolo del risparmio, si sono individuati due casi: essiccatori con rigenerazione a freddo ed essiccatori con rigenerazione a caldo, categoria che comprende quelli rigenerati con aria ambiente riscaldata.

Si è inoltre dovuto distinguere tra gli essiccatori con heater elettrici e quelli a combustibile, poiché nel primo caso i certificati bianchi generati sono di tipo I, nel secondo sono in parte di tipo I, in parte di tipo II. La quota parte dei titoli di tipo II proposta, è pari alla quota parte media dei consumi degli heater nell'intero processo. È stato perciò stimato un valore del 50%. Le norme tecniche da rispettare sono definite nell'Articolo 6, D.M. 20 luglio 2004 e nella ISO 8573.1 sulla qualità dell'aria compressa.

Si è inoltre aggiunto un allegato per spiegare i metodi di individuazione della baseline come spiegato in precedenza.

La proposta di scheda analitica completa è consultabile nell'appendice.

5.2 CEE: opportunità del mercato dei certificati in Francia

Piovan S.p.A. ha richiesto un'analisi delle possibilità di ingresso nel mercato dei certificati bianchi in Francia. Sono stati posti i seguenti quesiti:

- Quali sono le tipologie di interventi incentivati, con particolare attenzione ai chillers e agli essiccatori;
- Possibilità di ottenere incentivi per componenti o sistemi già installati;
- Possibilità di accesso diretto al meccanismo, senza intermediari o, in alternativa:
- Possibilità di accesso tramite una ESCo controllata.

5.2.1 Modalità di accesso al mercato per le aziende

Nel paragrafo 2.2.2 è stata evidenziata l'impossibilità di un accesso diretto da parte delle aziende al meccanismo. Infatti, tra i soggetti volontari ammessi, esse non rientrano. Si rende necessaria dunque la contrattazione bilaterale con gli attori che possono accedere al mercato: i soggetti obbligati, i fornitori non obbligati, le autorità locali e regionali, i proprietari di immobili dedicati al social housing e l'Agenzia Nazionale per la Casa. L'accordo deve avvenire prima dell'esecuzione del progetto di efficienza energetica, e deve essere corredato da una dichiarazione di attestazione sull'onore, *attestation sur l'honneur*, che include la conferma del ruolo attivo ed esortativo del soggetto che può accedere al mercato, sia esso obbligato o volontario.

L'alternativa a questa soluzione è l'accordo con una *structure collective* (struttura collettiva) che si stipula negli stessi termini precedentemente descritti.

In entrambi i casi l'azienda può godere degli incentivi solo nel caso in cui sia la beneficiaria degli interventi escludendo la possibilità di accedere al mercato tramite una ESCo controllata che riesca a raccogliere anche altri progetti nel territorio francese. Attualmente è altresì impossibile creare una struttura collettiva, poiché ciò è consentito solo all'avvio di ciascun periodo triennale.

Tuttavia, con l'avvento del nuovo periodo di incentivi che, a causa della proroga, avrà inizio nel 2015, si avrà l'opportunità di creare nuove *structures collectives*. La creazione di nuove strutture collettive è regolamentato a minima, per garantire la massima flessibilità infatti:

- Al fine di liberarsi dei propri obblighi, un soggetto può aderire ad una SC, scaricando su di essa l'onere di ottenimento dei certificati bianchi, per la totalità degli obblighi e per l'intero periodo triennale;
- Il soggetto obbligato deve notificare la sua adesione ad una SC al ministro dell'energia in carica, entro un mese dalla cessione degli obblighi;
- Ciascuna SC deve rendere disponibile pubblicamente la lista dei suoi aderenti;
- La SC è considerata come soggetto obbligato all'ottenimento di una quantità di

certificate pari alla somma degli obblighi trasferiti. La struttura deve ergersi finanziariamente da garante degli obblighi. In caso di fallimento della struttura, gli obblighi individuali sono riassegnati a ciascun aderente, che viene di nuovo considerato come soggetto obbligato;

- A partire dall'adesione di due soggetti obbligati, il Ministero dell'Energia considera la SC creata;
- L'adesione ad una SC si esautora tramite un contratto di diritto privato tra la SC e il soggetto obbligato;
- Tutte le imprese o associazioni possono diventare una SC;
- Non ci sono limiti temporali per l'adesione ad una SC: è a discrezione della struttura imporre eventuali limiti in seguito alla valutazione dei rischi legati all'ottenimento dei certificati;
- Non è prevista alcuna soglia minima in termini di obblighi trasferiti.

Per quanto riguarda il terzo periodo, si possono ricavare alcune indicazioni sulle eventuali modifiche del regolamento dal rapporto della *Cour de Comptes* dell'ottobre 2013. L'organismo elabora due tipi di osservazioni: la prima riguarda l'orientazione strategica del meccanismo e critica la sua debolezza nell'incentivare interventi di grande entità che si applichino ai settori residenziale, dei trasporti e dell'industria; la seconda riguarda l'organizzazione e gestione del sistema e vengono avanzate delle proposte per semplificare la burocrazia e per aumentare l'efficienza degli incentivi. Non sembrano dunque previste modifiche sostanziali del regolamento, e questo rende sensato valutare da parte di Piovan S.p.A., l'entrata nel mercato tramite la creazione di una nuova struttura collettiva nel nuovo periodo. Un elemento che potrebbe però rendere più difficile l'istituzione di una SC è dato dalla possibile modifica delle condizioni per i distributori di olio combustibile. La Corte dei Conti francese ha evidenziato infatti le difficoltà di tali imprese ad adempiere agli obblighi fissati e ha proposto due alternative: l'aumento della soglia d'obbligo da 500m³/anno a 1000m³/anno, o la creazione di un comitato interprofessionale dei distributori di olio combustibile, che sembra la soluzione più sostenuta dall'ente. Ciò ridurrebbe il numero di possibili soggetti obbligati che potrebbero formare la SC gestita da Piovan S.p.A. Nonostante ciò, tale numero rimarrebbe consistente, dunque esso rappresenterebbe un problema marginale.

Analizzando la situazione attuale, si può osservare come le società che lavorano all'interno del meccanismo dei CEE si prefigurano o come raggruppamento di alcuni piccoli soggetti obbligati (normalmente distributori di olio combustibile), oppure come intermediari tra gli obbligati che hanno fatto la scelta di non sviluppare azioni proprie, e gli altri soggetti in gioco, ovvero soggetti volontari, installatori e beneficiari potenziali.

La prima categoria potrebbe estinguersi con la creazione del comitato interprofessionale dei distributori di olio combustibile, citato in precedenza. Se si dovesse realizzare ciò, molte imprese dovrebbero d'altronde rivedere il proprio business model.

La seconda categoria è più varia, e non esiste un censimento esaustivo di queste aziende. Uno studio dell'agosto 2012 di Basic 2000 identifica quattro tipi di modelli:

- I *Cost Killer*: società che integrano i CEE in una prestazione più globale d'ottimizzazione dei costi delle loro aziende clienti;
- Gli specialisti *Pure players*, che si sono creati nell'ambito del dispositivo CEE, per sviluppare le proprie azioni verticalmente su tutta la catena di valore: commerciale, organizzativa e tecnica. Depositano dei certificati presso il PNCEE e li rivendono agli obbligati o a degli intermediari. E' il profilo di SC più simile a quello delle ESCo tecniche in Italia;
- I prestatori che, senza gestire dei CEE a nome proprio, assistono gli obbligati e i volontari ad ottimizzare il processo di raccolta e deposito;
- Gli intermediari: non intervengono direttamente nella creazione dei certificati, ma sono piuttosto dei mediatori tra venditore e acquirenti potenziali di CEE.

5.2.2 Interventi di interesse per Piovan S.p.A.

Come evidenziato nel capitolo precedente, tutte le richieste di incentivi devono essere corredate dell'*attestation sur l'honneur*, e deve essere dimostrato il ruolo attivo ed esortativo del soggetto richiedente. Tale meccanismo esclude a priori la possibilità di ottenere certificati bianchi per componenti già installati.

Per future installazioni o sostituzioni sono però usufruibili delle schede tecniche per entrambi i componenti di interesse per l'azienda, ovvero gli essiccatori e i chiller. In appendice sono riportate le schede originali in francese mentre nei prossimi due sottoparagrafi sono presentate le sintesi e le equazioni per il calcolo dei certificati.

5.2.2.1 Scheda tecnica IND-UT-13, chiller

La scheda sui chiller ha il codice IND-UT-13, Condenseur frigorifique à haute efficacité. Riguarda l'installazione di un condensatore su un impianto frigorifero nuovo, o esistente, oppure l'installazione di un intero impianto frigorifero in cui il condensatore sia ad alta efficienza.

Le condizioni per l'emissione dei certificati prevedono una certificazione EUROVENT o altre certificazioni delle prestazioni e della qualità basate sulle norme EN12975 ed EN12976 emesse da un organismo riconosciuto. Inoltre la differenza di temperatura deve essere inferiore o uguale a 8 Kelvin nel caso di condensatori ad acqua ed inferiore o uguale a 12 Kelvin nel caso di condensatori ad aria.

La durata di vita per la quale vengono calcolati gli incentivi è di 15 anni.

L'equazione che permette il calcolo della quantità di certificati bianchi ottenibili è la seguente:

$$CB [kWh_{cumac}] = \alpha \cdot P \cdot \beta \cdot \gamma \quad (5.5)$$

In cui α assume questi valori:

Tabella 5.2: Valori del parametro α della scheda IND-UT-13. Fonte: Ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'Énergie.

Tipo di condensatore	ΔT del condensatore [K]	α
Condensatore ad aria	12	780
	10	1300
	8	1800
Condensatore ad acqua	8	600
	7	890

P è la potenza elettrica del compressore espressa in kilowatt.

β assume questi valori:

Tabella 5.3: Valori del parametro β della scheda IND-UT-13. Fonte: Ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'Énergie.

Livello d'evaporazione [°C]	β
Temperature molto basse (da -56 a -26)	0,73
Temperature basse (da -25 a -6)	1
Temperature positive (da -5 a 5)	1,33

E infine γ assume questi valori:

Tabella 5.4: Valori del parametro γ della scheda IND-UT-13. Fonte: Ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'Énergie.

Turni di lavoro x durata turno [h] (giorni/settimana)	γ
1x8 (5gg/7)	1
2x8 (5gg/7)	2,1
2x8 (6gg/7)	2,5
2x8 (7gg/7)	2,9
3x8 (5gg/7)	3,1
3x8 (6gg/7)	3,8
3x8 (7gg/7)	4,2

Nel caso in cui i turni di lavoro reali del gruppo frigorifero non corrispondano esattamente a quelli disponibili in tabella, si deve considerare il valore associato al funzionamento più prossimo.

5.2.2.2 Scheda tecnica IND-UT-22, essiccatori

La scheda sugli essiccatori industriali ha il codice IND-UT-22, Sécheur d'air comprimé a haute efficacité énergétique. Riguarda la sostituzione di essiccatori ad adsorbimento che utilizzino calore per la rigenerazione della sostanza igroscopica. La durata di vita per la quale vengono calcolati gli incentivi è di 15 anni.

L'equazione che permette il calcolo della quantità di certificati bianchi ottenibili è la seguente:

Tabella 5.5: Equazione per il calcolo del numero di certificati bianchi per gli essiccatori. Fonte: Ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'Énergie.

Turni di lavoro x durata turno [h]	Apporto unitario [kWh _{cumac} /kW]	X	Potenza del compressore [kW]
1x8	2050		
2x8	5100		
3x8 con arresto il fine settimana	6300		
3x8 senza arresto il fine settimana	8150		

Ad ogni modalità di funzionamento degli essiccatori sono associati degli apporti di energia risparmiata per unità di potenza. Moltiplicando tali valori per la potenza del compressore si ottiene la quantità di certificati bianchi ottenibili.

5.3 CDM: opportunità per l'ottenimento di CERs

Piovan S.p.A. ha chiesto di analizzare le opportunità e i possibili benefici nell'ingresso nel meccanismo *clean development mechanism* per sfruttare possibili interventi di riduzione delle emissioni presso clienti locati al di fuori dell'Unione Europea. Dall'inizio del secondo periodo del Protocollo di Kyoto però, gli interventi sostenuti dal CDM sono limitati agli LDC, e tra questi (la lista completa è disponibile nel paragrafo §3.1) non sono inclusi paesi in cui operano clienti di Piovan S.p.A.

L'interesse dell'azienda per il meccanismo, visti anche i prezzi molto bassi dei CERs, è dunque decaduto.

Conclusioni

La tesi ha toccato fundamentalmente tre punti e si sono raggiunti i seguenti risultati:

1. **Una proposta per l'inserimento di una nuova scheda tecnica analitica per l'installazione di essiccatori industriali ad adsorbimento per la lavorazione di PET.** Partendo dai dati forniti da Piovan, si è elaborato un algoritmo che coniugasse semplicità ed efficacia, che tenesse conto di tutti i parametri che influenzano i consumi energetici, senza rendere eccessivamente onerosa la pratica. Si è arrivati dunque alla formulazione del seguente algoritmo:

$$\left\{ \left[\frac{E}{M} \right]_{misurato} - \left[\frac{E}{M} \right]_{baseline} \right\} \cdot M$$

In cui E è l'energia consumata dall'essiccatore ed M è la massa di PET processata. Tale algoritmo consente un computo tutto sommato semplice dell'energia e soprattutto permette la scelta dei parametri di funzionamento a seconda delle singole scelte progettuali, valutandole con maggior livello di aggregazione e perciò mantenendolo semplice ed adattabile a tutte le situazioni. Inoltre si è considerata la dipendenza della baseline dall'umidità di partenza del granulo, mantenendo così un buon grado di accuratezza nel calcolo dei risparmi ottenuti.

2. **L'analisi del mercato dei certificati bianchi in Francia (certificats d'économie d'énergie) e le possibilità di inserimento nel mercato da parte di Piovan S.p.A..**

Lo studio ha evidenziato l'impossibilità di un accesso diretto da parte delle aziende al meccanismo. L'alternativa è dunque una contrattazione bilaterale con gli attori che possono accedere al mercato o un accordo con una structure collective. In entrambi i casi l'azienda può godere degli incentivi solo nel caso in cui sia la beneficiaria degli interventi, escludendo la possibilità di accedere al mercato tramite una ESCo controllata che riesca a raccogliere anche altri progetti nel territorio francese. Attualmente è altresì impossibile la creazione di una struttura collettiva, poiché ciò è consentito solo all'avvio di ciascun periodo triennale del programma di incentivi (il periodo attuale è partito nel 2012 e finirà nel 2015, a causa della proroga stabilita).

Tuttavia, con l'avvento del nuovo periodo di incentivi, che avrà inizio nel 2015, si avrà l'opportunità di creare nuove *structures collectives* ed accedere direttamente al mercato. Si dovranno in tal caso stabilire accordi con due o più soggetti obbligati per il

trasferimento delle quote d'obbligo, operazione necessaria per la creazione di una struttura collettiva.

- 3. L'analisi degli incentivi del *Clean Development Mechanism* (CDM), nel quadro dei meccanismi del protocollo di Kyoto.** Lo studio ha evidenziato che, dal 2013, ovvero dall'inizio del secondo periodo del Protocollo di Kyoto, gli interventi sostenuti dal *Clean Development Mechanism* sono limitati ai *Least Developed Countries*, una lista di paesi stilata dalle Nazioni Unite, che però non comprende nessun paese in cui operano clienti di Piovani S.p.A. L'interesse dell'azienda per il meccanismo, visti anche i prezzi molto bassi dei CERs, è dunque decaduto.

Appendice A: proposta di scheda tecnica analitica per essiccatori industriali ad adsorbimento

Scheda tecnica n.X – Installazione di essiccatori industriali ad adsorbimento.

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento ¹ : IND-T (Processi industriali: generazione o recupero di calore per raffreddamento, essiccazione, cottura, fusione, ecc.) Vita Utile ² : U=5 anni Vita Tecnica ³ : T=20 anni Settore di intervento: Industriale Tipo di utilizzo: Essiccamento di granuli di PET
Condizioni di applicabilità della procedura La presente procedura si applica: <ul style="list-style-type: none"> - Per l'essiccamento di granuli di PET con umidità di arrivo inferiore ai 150ppm. - Per gli essiccatori ad adsorbimento con rigenerazione a caldo o a freddo.

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ³ : valutazione analitica					
Coefficiente di addizionalità ⁴ : a=100%					
Coefficiente di durabilità ⁵ : τ=3,36					
Risparmio Netto di energia primaria					
$RN = a \cdot RL = a \cdot \left\{ \left[\frac{E}{M} \right]_{misurato} - \left[\frac{E}{M} \right]_{baseline} \right\} \cdot M \quad [tep]$					
dove:					
<ul style="list-style-type: none"> - M: massa di PET processata [kg] - $[E/M]_{baseline}$: rapporto che dipende dall'umidità di partenza dei granuli di PET [kWh_e/kg]; 					
Umidità di partenza [ppm]	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000
$[E/M]_{baseline}$ [tep/kg] · 10 ⁻⁴	1,16	1,19	1,21	1,24	1,26
<ul style="list-style-type: none"> - Essiccatori con rigenerazione senza calore <ul style="list-style-type: none"> - E: energia totale del processo, è dato dall'energia delle soffianti e dei compressori, misurate con idonee strumentazioni [kWh_e]: $E = (E_{soff} + E_{compr}) \cdot f_E \quad [tep]$ 					
Dove:					
<ul style="list-style-type: none"> - f_E: fattore di conversione pari a 0,187 · 10⁻³ tep/kWh 					
<ul style="list-style-type: none"> - Essiccatori con rigenerazione a caldo e heater a resistenza elettrica $E = (E_{soff} + E_{risc} + E_{chiller} + E_{compr}) \cdot f_E \quad [tep]$					

<p>- Essiccatori con rigenerazione a caldo e heater a combustibile</p> $E = (E_{soff} + E_{chiller} + E_{compr}) \cdot f_E + C_f \cdot PCI \cdot k \quad [tep]$ <p>Dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> - C_f è la quantità di combustibile utilizzato dall'heater [um] - PCI è il potere calorifico del combustibile fossile (delibera AEEG EEN 9/11, Allegato A, Tabella 1) [kcal/um] - k è il fattore di conversione, pari a 10^{-7} [tep/kcal]
<p>Quote dei risparmi di energia primaria [tep]:</p> <p>Risparmio netto contestuale (RNc): $RNc=RN$</p> <p>Risparmio netto anticipato (RNa): $RNa=(\tau-1) \cdot RN$</p> <p>Risparmio netto integrale (RNI): $RNI=RNc+RNa=\tau \cdot RN$</p>
<p>Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento⁴: 100% di tipo I, nel caso di essiccatori con heater a resistenza elettrica, 50% di tipo I e 50% di tipo II, nel caso di essiccatoi con heater a combustibile.</p>

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Articolo 6, decreti ministeriali 20 luglio 2004.
- ISO 8573.1 sulla qualità dell'aria compressa.

3. DOCUMENTAZIONE DA TRASMETTERE⁵

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Schemi tecnici semplificati degli impianti e della strumentazione.
- Descrizione del sistema di misura adottato per le grandezze rendicontate: tipo di strumento, classe di misura, eventuale metodo di calcolo (nel caso si adottino misure indirette).

4. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE⁶

- Verbali delle ispezioni o delle prove di taratura eseguite sulla strumentazione utilizzata.
- Certificazioni di conformità di tutte le apparecchiature alla normativa tecnica vigente.

Allegato alla scheda tecnica n.X : procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

Tecnologia e campi di applicazione

Il PET è un materiale igroscopico: esso assorbe umidità atmosferica fino a che il suo contenuto è in equilibrio con quello ambiente. Nei polimeri non igroscopici l'umidità è trattenuta superficialmente, mentre nel particolare caso delle materie plastiche igroscopiche, l'umidità viene assorbita anche all'interno del granulo plastico. La presenza di umidità nel granulo di materiale plastico comporta alcuni difetti nel manufatto. I granuli plastici devono perciò essere essiccati fino ad un valore di umidità residua tollerabile chiamato "percentuale limite d'impiego". In questo processo gli essiccatori ad adsorbimento rappresentano la tecnologia più efficiente ed anche più diffusa. Questa scheda copre gli interventi i cui campi di applicazione richiedano un'umidità residua inferiore ai 150ppm, dunque prevalentemente l'industria dei contenitori per alimenti, ma anche, in volumi più ridotti, per la produzione di altri manufatti in PET.

Calcolo del risparmio di energia primaria

Poiché i consumi degli essiccatori sono influenzati dall'umidità di partenza dei granuli, è necessario individuare la baseline associata ad essa.

Sono consentite due metodologie per la determinazione della fascia di umidità:

1. La prima consiste nel misurare l'umidità dei granuli di PET da processare, ricavarne la media pesata nel periodo considerato, e individuare in questo modo la fascia di riferimento.
2. La seconda consiste nel calcolo della media pesata dell'umidità di consegna dei granuli che viene resa disponibile dal fornitore.

In entrambi i casi vale:

$$Umidità\ di\ partenza = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \cdot M_i}{M} [ppm] \quad (5.5)$$

Questa scelta è stata effettuata per consentire al richiedente la possibilità di decidere se utilizzare uno strumento di misura che determini con precisione l'umidità di partenza dei granuli, valorizzando in maniera più accurata il risparmio ottenuto, oppure utilizzare un metodo più semplice, ma meno accurato e che può eventualmente causare un conteggio minore di certificati.

¹ Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

² Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011.

³ Di cui all'articolo 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

⁴ Di cui all'articolo 17, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

⁵ Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 13 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

⁶ Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

Appendice B: schede tecniche per chiller e essiccatori per l'ottenimento di CEE



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° IND-UT-13

Condenseur frigorifique à haute efficacité

1. Secteur d'application

Industrie, froid commercial, tertiaire, agriculture.

2. Dénomination

Mise en place d'un condenseur à haute efficacité sur une installation frigorifique neuve ou existante.

La fiche s'applique également dans le cas d'un groupe frigorifique dans lequel le condenseur est à haute efficacité. La valeur $\Delta T^{(1)}$ est indiquée dans la fiche technique du condenseur.

3. Conditions pour la délivrance de certificats

Les produits ont une certification EUROVENT ou des caractéristiques de performance et de qualité équivalentes basées sur les normes EN 12975 ou EN 12976 et établies par un organisme établi dans l'Espace économique européen et accrédité selon les normes NF EN ISO/CEI 17025 et NF EN 45011 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

ΔT doit être inférieur ou égal à 8K dans le cas des condenseurs à eau et inférieur ou égal à 12K dans le cas des condenseurs à air.

Mise en place réalisée par un professionnel.

4. Durée de vie conventionnelle

15 ans



5. Montant de certificats en kWh cumac

$$\text{Montant de certificats en kWh cumac} = \alpha \times P \times \beta \times \gamma$$

Avec :

Type de condenseur	$\Delta T(K)$ du nouveau condenseur	α	Puissance électrique compresseur (en kW)	Niveau d'évaporation	β	Fonctionnement de l'installation ⁽²⁾	γ		
Condenseur à air	12	780				X		P	X
	10	1300	Très basses températures (de -56°C à -26°C) $T_{\text{Evaporation moyenne}} = -38^{\circ}\text{C}$	0,73	2x8 (5j/7)		2,1		
	8	1800	Basses températures (de -25°C à -6°C) $T_{\text{Evaporation moyenne}} = -15^{\circ}\text{C}$	1	2x8 (6j/7)		2,5		
Condenseur à eau	8	600	Froid positif (de -5°C à $+5^{\circ}\text{C}$) $T_{\text{Evaporation moyenne}} = -0^{\circ}\text{C}$	1,33	2x8 (7j/7)		2,9		
	7	890	3x8 (5j/7)	3,1					
			3x8 (6j/7)	3,8					
			3x8 (7j/7)	4,2					

(1) Un condenseur à haute efficacité est un échangeur présentant un faible écart de température ΔT . ΔT est l'écart de température entre le fluide frigorigène à la pression de condensation et le médium de refroidissement (eau ou air) en entrée du condenseur. Abaisser le ΔT permet d'abaisser la consommation du groupe frigorifique. Pour un condenseur ayant un ΔT ne figurant pas dans le tableau ci-dessus, retenir la valeur de α la plus faible associée au ΔT le plus proche.

(2) Les régimes horaires donnés dans le tableau correspondent au fonctionnement du groupe frigorifique et non pas au régime de travail du personnel. Au cas où une durée de fonctionnement ne serait pas dans le tableau, retenir la valeur de γ la plus faible associée à la durée de fonctionnement la plus proche.



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° IND-UT-22

Sécheur d'air comprimé à haute efficacité énergétique

1. Secteur d'application

Industrie.

2. Dénomination

Installation d'un sécheur à adsorption utilisant un apport de chaleur pour la régénération du sécheur.

3. Conditions pour la délivrance de certificats

Sans objet.

4. Durée de vie conventionnelle

15 ans

5. Montant de certificats en kWh cumac

Mode de fonctionnement du site	Montant unitaire en kWh cumac/kW
1x8	2 050
2x8	5 100
3x8 avec arrêt le week-end	6 300
3x8 sans arrêt le week-end	8 150

X

$P_{\text{compresseur(s)}}$

$P_{\text{compresseur(s)}}$ est la puissance électrique indiquée sur la plaque du ou des compresseurs en kWél ou dans les données techniques du fabricant.

Nomenclatura

a	=	Coefficiente di addizionalità
E	=	Energia
E _{chiller}	=	Energia dei chiller
E _{comp}	=	Energia dei compressori
E _{heat}	=	Energia degli heater
E _{rig, rif}	=	Energia di rigenerazione di riferimento
E _{soff}	=	Energia delle soffianti
M	=	Massa di PET
P	=	Potenza elettrica del compressore
T	=	Vita tecnica
U	=	Vita utile

Lettere greche

δ	=	Tasso di decadimento dei risparmi
τ	=	Coefficiente di durabilità

Acronimi

AAU	=	Assigned amount unit
ADEME	=	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
ANAH	=	Agence Nationale de l'Habitat
AEEG	=	Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas
BAU	=	Business as usual
CAR	=	Cogenerazione ad alto rendimento
CB	=	Certificati bianchi
CCS	=	Carbon capture and storage
CDM	=	Clean Development Mechanism
CE	=	Comunità Europea
CEC	=	Costo dell'energia conservata
CECA	=	Comunità europea del carbone e dell'acciaio
CEE	=	Certificats d'Économie d'Énergie
CER	=	Certified emission reduction
CERO	=	Carbon Emission Reduction Obligation
CESP	=	Community Energy Saving Programme
CME	=	Coordinating and Managing Entity
COP	=	Conference of the Parties
CPA	=	Component project activity
CPR	=	Commitment period reserve
CSCO	=	Carbon Saving Community Obligation
D.Lgs.	=	Decreto legislativo
DM	=	Decreto ministeriale
DNA	=	Designated National Authorities

DOE	=	Designated Operational Entity
ECO	=	Energy Company Obligation
EEA	=	European Environment Agency
EEC	=	Energy Efficiency Commitment
EED	=	Energy efficiency Directive
EEO	=	Energy Efficiency Obligation
ENEA	=	Ente Nazionale per le Energie Alternative
ERU	=	Emission reduction unit
ESCo	=	Energy service company
ETS	=	Emission Trading Scheme
EUA	=	European Union allowances
EUA A	=	European Union allowances aviation
FER	=	Fonti energetiche rinnovabili
FIRE	=	Federazione Italiana per l'Uso Razionale dell'Energia
GHG	=	Green house gases
GME	=	Gestore dei Mercati Energetici S.p.a.
GSE	=	Gestore dei Servizi Energetici
GTP	=	Global temperature change potential
GWP	=	Global warming potential
HHCRO	=	Home Heating Cost Reduction Obligation
IEA	=	International Energy Agency
IPCC	=	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISBM	=	Injection stretch blow molding
ICER	=	Long-term certified emission reduction
LULUCF	=	Land Use, Land-use change and Forestry
NREAP	=	National renewable energy action plan
PAEE	=	Plan d'actions d'économie d'énergie
PCS	=	Potere calorifico superiore
PDD	=	Project Design Document
PET	=	Polietilentereftalato
PNA	=	Piano nazionale di assegnazione
PNCEE	=	Pôle National des Certificats d'Économies d'Énergie
PNAEE	=	Programme National d'Amélioration de l'Efficacité Énergétique
PoA	=	Programme of activities
PoA-DD	=	Programme of activities design document
POR	=	Programma operativo regionale
ppm	=	Parte per milione
PPPM	=	Proposta di progetto e programma di misura
RED	=	Renewable energy Directive
RES	=	Renewable energy sources
RIE	=	Ricerche industriali ed energetiche
RL	=	Risparmio lordo
RNa	=	Risparmio netto anticipato
RNc	=	Risparmio netto contestuale
RNI	=	Risparmio netto integrale
RSE	=	Ricerca sul Sistema Energetico S.p.A.
RSL	=	Risparmio specifico lordo annuo
RVC	=	Richiesta di verifica e certificazione dei risparmi
SC	=	Structure Collective

SEM	=	Soggetti con energy manager
SSE	=	Società di servizi energetici
tCER	=	Temporary certified emission reduction
TEE	=	Titoli di Efficienza Energetica
TRI	=	Tempo di ritorno dell'investimento
UE	=	Unione Europea
UFR	=	Unità fisiche di riferimento
UNFCCC	=	United Nations Framework Convention on Climate Change
VEA	=	Vlaams Energieagentschap
tep	=	Tonnellata equivalente di petrolio

Riferimenti

- AEEG (2011). Osservazioni e proposte dell'AEEG in ordine allo schema di D.Lgs. recante attuazione delle direttive europee 2009/72/CE, 2009/73/CE e 2008/92/CE relative a norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica e del gas naturale. *Roma, 20 aprile 2011.*
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. (2013). Guide pour la constitution d'une demande de certificats d'économie d'énergie relative à une opération spécifique.
- Bach P. (2011) Energy Saving Obligation in Denmark. *BMU-international workshop Bruxelles, 9 Novembre 2011.*
- Bastianelli F. (2006). La politica energetica dell'Unione Europea e la situazione dell'Italia.
- Batho D., (2013). Dichiarazione del Ministro dell'ecologia all'assemblea nazionale della legge “*diverse disposizioni d'adattamento della legislazione al diritto dell'Unione Europea riguardo allo sviluppo sostenibile*” (legge DDADUE), 2 luglio 2013.
- Bellio E. (2014). *Comunicazione personale.*
- de Bethencourt, A. e Chorin, J. (2013). Efficacité énergétique: un gisement d'économies; un objectif prioritaire. *Journal Officiel de la République Française. Mandato 2010-2015 - Seduta dell'8 e 9 gennaio 2013.*
- Bowen A., Fankhauser S., Stern N. e Zenghelis D. (2004). An Outline of the Case for a Green Stimulus. *Policy Brief, February 2009. The Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London, UK.*
- Brandau O. (2012). *Stretch Blow Molding. Elsevier.*
- Bundgaard S. S., K. Dyhr-Mikkelsen, A. E. Larsen e M. Togeby (2013). Energy Efficiency Obligation Schemes in the EU – Lessons Learned from Denmark. *International Association for Energy Economics pp.43-47.*
- Carraro C. (2013). Perché il prezzo del carbonio in Europa è crollato?
- Cecchi A. (2009). La politica energetica dell'Unione Europea. Dossier per il Senato della Repubblica.
- Clò, S., A. Lorenzoni, D. Vazio, E. Vendramin, D. Zanni, RIE (2012). *Efficienza Energetica e Mercato Nazionale dei Certificati Bianchi: Criticità, Opportunità e Proposte.*
- Commissione Europea (2011). *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050.*
- Commissione Europea (2011) *Energy Roadmap 2050.*
- Commissione Europea (2014). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030.*

- Cour de Comptes (2013). Les certificats d'économies d'énergie. Communication au premier ministre. Article L132-5-1 du code des juridictions financières.
- Corral N., A. Sheaffer. (2006). Insight into the economics of operating regenerative desiccant dryers.
- Dinon, A. (2013). *Comunicazione personale*.
- Dodemand, E. (2013). *Comunicazione personale*.
- Dupuis P., (2013). Lettre d'information «Certificats d'économies d'énergie». Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (octobre 2013).
- EEA (2013). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2011 and inventory report 2013. *EEA Technical report n.8/2013*.
- EEA (2013). EEA Report No 10/2013. Trends and Projections in Europe 2013. Tracking the Progress Towards Europe's Climate and Energy Targets Until 2020.
- Eyre, N., Pavan, M. e Bodineau, L. (2009). Energy company obligations to save energy in Italy, the UK and France: what have we learned? Summer study of the European Council for Energy Efficient Economy. ECEEE, La Colle sur Loup.
- Fuglestvedt J. (2012). Emissions metrics for multi-component climate policies: Structural and scientific uncertainties. *Bonn, 3 aprile 2012*.
- Gestore dei Mercati Energetici (2013). Mercato dei titoli di efficienza energetica - Rapporto di monitoraggio semestrale. 22/7/13.
- Gestore dei Mercati Energetici (2013). Relazione annuale 2012.
- Gestore del Servizio Elettrico (2012). Il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica (certificati bianchi) dal 1° gennaio al 31 maggio 2012. Rapporto 25/10/12: 434/2012/I/efr.
- Gruppo di Lavoro ENEA sui certificati bianchi (2012). I Titoli di Efficienza Energetica. Cosa sono e come si ottengono i «certificati bianchi» alla luce della nuova delibera EEN 9/11.
- International Energy Agency (2010). Energy policies of IEA countries - France 2009 Review. International Energy Agency Publications.
- International Energy Agency (2012) Key World Energy Statistics. International Energy Agency Publications.
- ICCG (2013). The state of the EU carbon market. *ICCG Reflection No. 14/2013*.
- IPCC (1990). Climate Change: The IPCC scientific assessment. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- James-Smith E. (2005). Integrating the CDM into Energy Planning – A case study using the Energy Efficiency Strategy in South Africa. *Department of Environment, Technology and Social Studies Roskilde University, September 2005*.

- Jollands N. e Pasquier S. (2009). Implementing energy efficiency policies - are IEA member countries on track?. International Energy Agency Publications.
- Lamon S. (2012). Il PET e la sua igroscopicità. *Tesi di Laurea in Ingegneria dei Processi Industriali e dei Materiali*. DII. Università di Padova.
- Lord D. (2013) Energy Efficiency in Great Britain: Energy Company Obligation (ECO) and links to the Green Deal. *Workshop on experiences and policies on energy saving obligations and white certificates*. Villa Cagnola, Varese, 9-10 Aprile 2013.
- Lorenzoni A. (2012). Appunti del corso di *Electricity Market Economics*, Università di Padova.
- de Malleray F. (2013). *Comunicazione personale*.
- Marin M. (2012). Caratterizzazione delle proprietà fisico-meccaniche in funzione dell'umidità residua di polimeri trattati in sistemi di deumidificazione innovativi ad alto contenuto tecnologico. *Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali*. DII. Università di Padova.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013). Guide pour la constitution d'une demande de Certificats d'Économies d'Énergie.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. (2013). Guide pour l'élaboration d'un Plan d'Actions d'Économies d'Énergie.
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, du Transports et du Logement e Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (2011). Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique.
- Møller Mikkelsen K. (2012) Why Obligation Schemes Are the Solution for European Member States During the Financial Crisis.
- Mujumdar A. S. (2006). Handbook of Industrial Drying. *CRC press*.
- Ofgem E-Serve (2013). Energy Companies Obligation (ECO): Guidance for Suppliers (Version 1.1).
- Plachecki P. (2011). Energy efficiency-Polish experience: White certificates. Energy Regulatory Office, Varsavia 2011.
- Rezessy S. e P. Bertoldi. (2010). Energy Supplier Obligations and White Certificate Schemes: Comparative Analysis of Results in the European Union. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings.
- Ronchi E., A. Barbabella, M. N. Caminiti, T. Federico. (2013). L'Italia ha centrato l'obiettivo del Protocollo di Kyoto – Dossier Kyoto 2013: prima stima delle emissioni nazionali di gas serra 2008-2012. *Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, febbraio 2013*.
- Rosanelli, R. (2013). La novità nel sistema dei certificati bianchi. 22/2/13.
- Schalburg R. (2013) New Developments. *Workshop on experiences and policies on energy saving obligations and white certificates*. Villa Cagnola, Varese, 9-10 Aprile 2013.

- Tirpak D., Ashton J., Dadi Z., Filho L. G. M., Metz B., Parry M., Schellnhuber J., Yap K. S., Watson R. e Wigley T. (2005). *Avoiding Dangerous Climate Change*. Scientific Symposium on Stabilisation of Greenhouse Gases. February 1st to 3rd, 2005. Met Office, Exeter, United Kingdom.
- UN (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- UNFCCC (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- UNFCCC (2007). *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amounts*.
- UNFCCC (2013). *CDM Methodology Booklet. Fifth edition, information updated as EB75, novembre 2013*.
- Venturini V., (2010). *Il meccanismo dei certificati bianchi in Europa*, Report FIRE, Rds/2010/225.
- Vlaams Energieagentschap (2013). *RUE Public Service Obligations in the Flemish Region*.
- Żmijewski K. (2013). *The new energy saving obligation in Poland. Workshop on experiences and policies on energy saving obligations and white certificates*. Villa Cagnola, Varese, 9-10 Aprile 2013.

Siti web

- <http://www.acs.enea.it/decreti.htm> (ultimo accesso 3/12/13)
- <http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/index.html> (ultimo accesso 19/11/13)
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Certificats-d-economies-d-energie,188-.html> (ultimo accesso 27/12/13)
- <https://www.emmy.fr/front/cotation.jsf> (ultimo accesso 29/12/13)
- <http://www.energyinlink.it/2012/02/i-certificati-bianchi-italiani-titoli-di-efficienza-energetica/> (ultimo accesso 26/11/13)
- <http://www.gas.it/tutte-le-news/49-notizie-dal-mondo-del-gas/298-certificati-bianchi-stabilito-il-rimborso-tariffario> (ultimo accesso 20/11/13)
- <http://www.gse.it/it/CertificatiBianchi/Modalit%C3%A0%20di%20realizzazione%20dei%20progetti/Schede%20tecniche/Pagine/default.aspx> (ultimo accesso 21/11/13)
- <http://www.libra-fearnley-environnement.fr/le-certificat-blanc/lobligation/> (Ultimo accesso 27/12/13)

<https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/energy-companies-obligation-eco> (ultimo accesso 29/12/13)

http://www.regione.veneto.it/web/bandi-avvisi-concorsi/dettaglio-bando?_spp_detailId=764884 (ultimo accesso 4/12/13)

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php (ultimo accesso 18/11/13)

http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/clean_development_mechanism/items/2718.php (ultimo accesso 18/11/13)

https://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php (ultimo accesso 10/3/2014)

http://europa.eu/about-eu/eu-history/1945-1959/index_it.htm (ultimo accesso 4/3/2014)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Libro_verde_\(UE\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Libro_verde_(UE)) (ultimo accesso 5/3/2014)

<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/energia/cosa-dice-la-normativa> (ultimo accesso 8/3/2014)

<http://mapleleafweb.com/features/kyoto-protocol-climate-change-history-highlights> (ultimo accesso 9/3/2014)

<http://www.autorita.energia.it/allegati/audizioni/parlamentari/010-11pas.pdf> (ultimo accesso 11/3/2014)

http://it.wikipedia.org/wiki/Forzante_radiativo (ultimo accesso 11/3/2014)

http://en.wikipedia.org/wiki/Global-warming_potential (ultimo accesso 11/3/2014)

<http://www.gse.it/it/Gas%20e%20servizi%20energetici/Aste%20CO2/SistemaEU-ETS/Pagine/default.aspx> (ultimo accesso 15/3/2014)

<http://www.studi.enea.it/eneastudi-informa/news/cop-18-didoha-il-documento-finale-riguarda-solo-il-15-delle-emissioni-mondiali> (ultimo accesso 15/3/2014)

<http://www.greenreport.it/news/clima-compromesso-al-ribasso-dellultimora-alla-cop19-unfccc-di-varsavia/> (ultimo accesso 15/3/2014)

http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm (ultimo accesso 15/3/2014)

<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/energia/cosa-dice-la-normativa> (ultimo accesso 24/3/2014)

http://www.fire-italia.it/20_20_20/20_20_20.asp (ultimo accesso 24/3/2014)

<http://www.gse.it/it/Gas%20e%20servizi%20energetici/Aste%20CO2/CO2%20nel%20Pacchetto%20Clima-Energia/Pagine/default.aspx>

(ultimo accesso 24/3/2014)

http://www.energymanagernews.it/articoli/0,1254,51_ART_148361,00.html

(ultimo accesso 26/3/2014)

<http://www.qualenergia.it/articoli/20140122-commissione-su-obiettivi-ue-2030-target-vincolanti-40-CO2-27-per-cento-rinnovabili>

(ultimo accesso 30/3/2014)

http://europa.eu/legislation_summaries/institutional_affairs/decisionmaking_process/114530_it.htm

(ultimo accesso 3/4/2014)

<http://unctad.org/en/pages/PressRelease.aspx?OriginalVersionID=110>

(ultimo accesso 16/3/14)

<http://cdmrulebook.org/>

(ultimo accesso 17/3/14)

<http://www.minambiente.it/pagina/il-ciclo-dei-progetti-cdm>

(ultimo accesso 18/3/2014)

<http://www.icasco.it/2012/mercati.html>

(ultimo accesso 21/3/2014)

<http://www.regjeringen.no/en/dep/fin/Documents-and-publications/official-norwegian-reports-/2012/nou-2012-16-2/10.html?id=713585>

(ultimo accesso 21/3/2014)

http://it.wikipedia.org/wiki/Polietilene_tereftalato

(ultimo accesso 2/4/2014)

<http://www.rtpcompany.com/technical-info/molding-guidelines/long-fiber-compounds/drying-long-fiber-compounds/>

(ultimo accesso 7/4/2014)

<http://www.airvacuumprocess.com/Desiccants-4.html>

(ultimo accesso 7/4/2014)

Ringraziamenti

Desidero ricordare tutti coloro che mi hanno aiutato nella stesura della tesi con suggerimenti, critiche ed osservazioni: a loro va la mia gratitudine.

Ringrazio innanzitutto il prof. Arturo Lorenzoni, relatore della tesi, il dott. Guido Bertin che ha reso possibile la mia esperienza in Esco Veneto e l'ing. Daniela De Angeli, co-relatrice, senza le loro indicazioni e la loro guida non avrei potuto scrivere questa tesi.

Proseguo il dott. Angelo Aronica, e le colleghe che mi hanno supportato nell'esperienza ad Esco Veneto, senza un ambiente di lavoro così gradevole sarebbe stata molto più difficile la stesura della tesi.

Desidero inoltre ringraziare l'ing. Enrico Bellio e il dott. Valerio Zampieri, i miei riferimenti in Piovan, che mi hanno fornito fondamentale supporto tecnico.

Un ringraziamento particolare va a mio fratello Nicolò, che mi ha aiutato moltissimo con le immagini e i grafici, e a tutta la mia famiglia: i miei genitori Valentino e Luisella, il mio fratello Alvisè e mia zia Silvana, per essermi sempre stati affianco.

Vorrei infine ringraziare tutti i miei amici, una seconda famiglia: quelli di Treviso, quelli di viarudena42 e tutti gli amici di Padova, quelli di Gijón e una persona speciale, Tanja.