
CERTIFICATI BIANCHI
Presentazione dei progetti a Consuntivo (PPPM)
Guida Operativa per il settore di produzione del vetro

2013 ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile
Lungotevere Grande Ammiraglio Thaon di Revel 76 - 00196 Roma
Gruppo di lavoro ENEA sui certificati bianchi
www.enea.it

NOTA METODOLOGICA

La presente Guida Operativa è stata curata da Silvia Ferrari (ENEA) con il contributo di : Assovetro, Avvenia S.r.l., Consul System S.p.A., Sangalli Technologies, Esco Srl, Studio Bartucci S.r.l. e attingendo dati dalla banca dati ENEA 'certificati bianchi'.

CERTIFICATI BIANCHI

PRESENTAZIONE DEI PROGETTI A CONSUNTIVO (PPPM)

GUIDA OPERATIVA PER IL SETTORE DI PRODUZIONE DEL VETRO

*Decreto del ministero dello sviluppo economico 28 dicembre 2012,
articolo 15 comma 2*



Gennaio 2014

Informazioni e dati contenuti nella presente guida operativa possono essere liberamente riprodotti o comunicati al pubblico purché si indichino la fonte da cui sono tratti, la data e il nome dell'autore.

INDICE

1. PERCHÉ UNA GUIDA OPERATIVA	6
2. LA PRODUZIONE DEL VETRO	8
2.1 Dati descrittivi del settore produttivo	8
2.1.1 <i>Processo di produzione del vetro cavo</i>	8
2.1.2 <i>Processo di produzione del vetro piano</i>	9
2.1.3 <i>Processo di produzione del vetro per uso domestico, vetro speciale</i>	10
2.1.4 <i>Produzione della Lana di vetro e del Filamento continuo di vetro</i> 10	
2.1.5 <i>Processo di produzione del vetro borosilicato (tubo)</i>	11
2.2 I consumi di energia.....	12
2.2.1 <i>Valutazione della baseline</i>	14
3. MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI	16
3.1 Ottimizzazione del processo di combustione mediante il controllo dei parametri operativi	16
3.2 Ottimizzazione della progettazione del forno e della scelta della tecnica di fusione	16
3.3 Uso di una caldaia o altri sistemi per il recupero di calore.....	17
3.4 Riparto composizione	18
3.5 Umidità della miscela.....	18
3.6 Preriscaldamento di miscele vetrificabili e rottame di vetro	18
3.7 Installazione di inverter sui motori presenti nello stabilimento.	19
3.8 Utilizzo di livelli più elevati di rottame di vetro	19
4. INDIVIDUAZIONE DELLA BASELINE	19
5. STIME RELATIVE AL POTENZIALE DI PENETRAZIONE DEL RISPARMIO ENERGETICO	20
6. L'ALGORITMO DI CALCOLO DEL RISPARMIO	20
6.1 Risparmio relativo all'energia termica	21
6.2 Risparmio relativo all'energia elettrica	21
7. INTERVENTI PRESENTATI NEL SISTEMA DEI TEE.....	21
7.1 Modifica o rifacimento del forno	23
7.2 Recupero di calore	23
7.3 Sistemi di gestione	23
7.4 Interventi vari.....	23
BIBLIOGRAFIA.....	24
TRE REGOLE DA SEGUIRE	25
GLOSSARIO.....	26

1. PERCHÉ UNA GUIDA OPERATIVA

Il sistema dei Certificati Bianchi, o Titoli di Efficienza Energetica (TEE), è stato definitivamente introdotto in Italia dai decreti 20 luglio 2004. L'accesso a tale sistema incentivante è articolato su tre diversi metodi di valutazione: il metodo standardizzato, il metodo analitico ed il metodo a consuntivo. I primi due si sostanziano nell'esistenza di schede tecniche le quali facilitano l'accesso al sistema, avendo già incluso l'algoritmo di calcolo dei risparmi che incorpora implicitamente la baseline, la verifica dell'addizionalità, gli aggiustamenti, ecc. Il metodo a consuntivo, viceversa, comporta un maggior coinvolgimento del proponente il quale, nel presentare il proprio progetto, è invitato a pronunciarsi sul complessivo quadro al contorno, sia di tipo tecnologico, che normativo, che di mercato. Questo compito non è di immediata esecuzione poiché ogni progetto ha le sue proprie peculiarità, e non può far tesoro dell'esperienza maturata con altri progetti analoghi già inviati a sistema. La comunità delle SSE (società di servizi energetici) e delle SEM (società con energy manager nominati) ha allora sollecitato le istituzioni nel mettere a disposizione dei riferimenti condivisi con il soggetto valutatore, in maniera da rendere più spedita la compilazione della proposta a consuntivo facilitando al contempo il lavoro istruttorio.

Il Ministero dello Sviluppo Economico ha fatto propria l'istanza, ed ha elaborato il comma 2 dell'art. 15 del DM 28.12.2012, il quale recita:

“L'ENEA predispose e pubblica, entro il 31 dicembre 2013 e successivamente con cadenza biennale, guide operative per promuovere l'individuazione e la definizione di progetti a consuntivo con particolare riferimento ai settori industriali del cemento, del vetro, della ceramica, dei laterizi, della carta, della siderurgia, dell'agricoltura e dei rifiuti nonché ai settori di cui all'articolo 4, comma 2, lettere a), b) e c) [trasporti pubblici locali, edifici e utenze delle regioni e delle province autonome e degli enti locali, riduzione del traffico urbano, illuminazione pubblica, settore idrico (N.d.R.)], del decreto del Ministro dello sviluppo economico del 15 marzo 2012. Le guide operative sono corredate della descrizione delle migliori tecnologie disponibili e delle potenzialità di risparmio in termini economici ed energetici derivanti dalla loro applicazione.”

L'ENEA, nel redigere le Guide Operative, prende contatto con associazioni di categoria e soggetti coinvolti nel sistema dei certificati bianchi (società di servizi energetici, energy manager, aziende leader nel settore specifico, istituzioni, utenti finali), in modo da produrre uno strumento operativo frutto di un lavoro di squadra, le cui indicazioni risultino condivise tra le parti interessate.

Per valorizzare le informazioni che vengono raccolte durante le istruttorie delle proposte di progetto, ENEA valuta le relative analisi effettuate ed estrae dati medi o tendenziali che possano fungere da media di mercato, fornendo al contempo informazioni sulla struttura degli algoritmi di calcolo dei risparmi.

Le Guide Operative non sono manuali sull'efficienza energetica nei diversi settori elencati nel comma citato in precedenza, ma hanno una finalità — ed una conseguente struttura — dedicata esclusivamente alla facilitazione nel conseguimento dei titoli di efficienza energetica. In altri termini, aspetti di inquadramento seppur importanti come la descrizione dello specifico settore produttivo, dei relativi processi produttivi e delle migliori tecniche disponibili sono limitati a quegli elementi necessari alla compilazione delle proposte.

Gli scopi che la Guida Operativa di settore si pone sono diversi; in particolare si evidenziano i seguenti:

- fornire un quadro degli interventi di razionalizzazione energetica che possono essere realizzati nello specifico settore; quando possibile, verranno citati i risultati quantitativi che possono essere ottenuti;
- fornire supporto nella presentazione di progetti a consuntivo; viene posta specifica attenzione alla baseline di riferimento, argomento che normalmente riveste caratteristiche di criticità durante la valutazione.

2. LA PRODUZIONE DEL VETRO

2.1 Dati descrittivi del settore produttivo

L'industria italiana del vetro è costituita da aziende operanti nei settori della produzione primaria e della trasformazione secondaria del vetro. In Italia il settore della produzione primaria del vetro (compresi i settori produttivi di lampade e di display) conta 38 aziende, con 69 stabilimenti dislocati sul territorio nazionale, che impiegano circa 14.000 addetti. Tra questi 30 aziende sono associate ad Assovetro, per un totale di 61 stabilimenti.

Il 73% della produzione si riferisce al vetro cavo meccanico (bottiglie, vasi, flaconi, articoli per uso domestico), il 19% al vetro piano (lastre di vetro per l'edilizia e per uso automobilistico), il 2% alle lane (impiegati per l'isolamento termico) ed ai filati di vetro, ed il 6% è destinato ad altri lavori di vetro.

Nel 2012, la produzione nazionale di vetro è risultata pari a 4.879.719 tonnellate, a fronte delle 5.187.416 dell'anno precedente, registrando un decremento complessivo di quasi il 6%.

Nei paragrafi successivi vengono brevemente descritti i processi di produzione dei diversi sub-settori individuati.

2.1.1 Processo di produzione del vetro cavo

Le materie prime principalmente impiegate sono:

- Vetrificanti: sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate;
- Fondenti: carbonato di sodio;
- Stabilizzanti: silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, dolomite;
- Affinanti: solfato di sodio, solfato di calcio e, per particolari produzioni, nitrato di sodio, carbone, (loppe di altoforno);
- Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione;
- Rottame da raccolta.

I forni di fusione utilizzati nel settore del vetro cavo sono di dimensioni variabili da 10 a 150 m²; hanno capacità produttive comprese tra 20 e più di 500 t/giorno ed una vita media di 8-10 anni, trascorsi i quali si procede alla manutenzione/ricostruzione della struttura in materiale refrattario. Il combustibile impiegato può essere il metano o l'olio.

I tipi di forno utilizzati nella produzione di vetro cavo sono *Side Port*, *End Port* o *Unit Melter*. I primi due sono del tipo a rigenerazione e si differenziano per la posizione dei bruciatori che possono essere montati sulla parete laterale (*Side Port*) o sulla parete posteriore (*End Port*). Il forno di

tipo Unit *Melterè* è invece caratterizzato dal recupero di calore mediante scambiatori metallici del tipo a fascio tubiero che operano a ciclo continuo.

Il vetro fuso nei diversi tipi di forno viene lasciato defluire verso i canali di alimentazione alle macchine formatrici. In questa fase il vetro si omogeneizza termicamente e si raffredda fino a raggiungere la temperatura necessaria per il processo di formatura.

I processi di formatura dei contenitori sono: il pressato diretto, il soffio-soffio ed il presso-soffio. Nel primo caso, la lavorazione avviene solo mediante pressatura del vetro in un apposito stampo. Il processo “soffio-soffio” utilizza, sia per la fase iniziale che per la finitura dell’articolo in vetro, la soffiatura mediante aria compressa. Il processo “presso-soffio” consiste in una fase iniziale mediante pressatura e successivamente la forma desiderata viene completata mediante soffiatura con aria compressa. La scelta del tipo di processo è strettamente legata all’articolo da produrre: il pressato viene utilizzato solo per la produzione di articoli a “bocca larga” come per esempio quelli per la casa (vassoi, coppe, ecc.); il soffio-soffio viene utilizzato per la produzione di contenitori standard e con forme complesse, essendo il processo più versatile tra quelli disponibili; il presso-soffio è normalmente utilizzato per la produzione di vasellame, ma anche per bottiglie.

I contenitori che escono dalla macchina formatrice vengono inviati al forno di ricottura. Il forno di ricottura viene normalmente alimentato a metano oppure con energia elettrica. La fase di ricottura prevede che il vetro venga portato alla temperatura di 550 °C e raffreddato lentamente in condizioni controllate, allo scopo di eliminare le tensioni introdotte nella massa vetrosa durante il processo di formatura. In questa fase, il vetro mantiene la sua forma e non subisce alcuna modifica della composizione chimica. All’uscita del forno di ricottura, il vetro viene sottoposto ad ispezione automatica e successivamente inviato all’imballaggio ed al magazzino.

2.1.2 *Processo di produzione del vetro piano*

Le materie prime principalmente impiegate sono:

- Vetrificanti: sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate;
- Fondenti: carbonato di sodio;
- Stabilizzanti: silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, dolomite;
- Affinanti: solfato di sodio, solfato di calcio e, per particolari produzioni, nitrato di sodio, carbone, (loppe di altoforno);
- Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione;
- Rottame proveniente da seconde lavorazioni.

I forni di fusione utilizzati nel settore del vetro piano sono, in genere, di grandi dimensioni (300-400 m²), hanno capacità produttive fino a 600-700 t/giorno ed una vita di 15-20 anni. Per la produzione di vetro laminato e stampato vengono utilizzati forni più piccoli, da 150-200 t/giorno.

I forni sono dotati di camere di rigenerazione laterali. I bruciatori, in questo caso, in numero adeguato alla superficie del forno, producono fiamme trasversali allo stesso (Forni *Side Port*).

Il combustibile impiegato può essere il metano o l'olio. La temperatura massima nella zona di fusione è di circa 1600 °C. Lungo l'asse del forno, la temperatura viene successivamente abbassata fino a circa 1100 °C per raggiungere una viscosità del vetro che ne permetta la colata. Con il processo *Float*, il vetro viene quindi versato su un bagno di stagno fuso, sul quale galleggia, e viene tirato verso la zona di ricottura.

Il forno di ricottura viene normalmente alimentato a metano oppure con energia elettrica. La fase di ricottura prevede che il vetro venga portato alla temperatura di 550 °C e raffreddato lentamente in condizioni controllate, allo scopo di eliminare le tensioni introdotte nella massa vetrosa durante il processo di formatura. In questa fase, il vetro mantiene la sua forma e non subisce alcuna modifica della composizione chimica. All'uscita del forno di ricottura, il vetro viene ispezionato, tagliato automaticamente in lastre ed inviato al magazzino.

2.1.3 *Processo di produzione del vetro per uso domestico, vetro speciale*

La produzione del vetro cavo per articoli di uso domestico e del vetro speciale può essere assimilata alla produzione del vetro cavo per bottiglie e vasi, descritta al punto 2.1.1. Le principali differenze sono legate alle dimensioni genericamente inferiori dei forni (alimentati a gas metano o anche elettrici) ed alla migliore qualità del vetro prodotto, il quale necessita di materie prime di migliore qualità e di maggiori consumi energetici.

2.1.4 *Produzione della Lana di vetro e del Filamento continuo di vetro*

Le materie prime principalmente impiegate sono:

- Vetrificanti: sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate, sabbie feldspatiche, prodotti borici;
- Fondenti: carbonato di sodio;
- Stabilizzanti: caolino, carbonato di calcio, dolomite;
- Affinanti: solfato di sodio, o nitrato di sodio ed, in alcuni casi, composti del fluoro;

-
- Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione e, nel caso della produzione di lana di vetro, è possibile anche l'uso di rottame esterno.

I forni utilizzati per la produzione di lana possono essere del tipo elettrico, oppure con combustione a metano, del tipo a recupero di calore (Unit Melter). La temperatura massima del bacino di fusione è di circa 1500 °C; la temperatura dell'aria prima dei bruciatori raggiunge i 700-800 °C.

Nel processo di produzione del filamento continuo, il vetro viene inviato ad una serie di filiere in platino attraverso i canali di condizionamento termico. I filamenti che fuoriescono dalla filiera, dopo essere stati sottoposti ad apprettatura, a base di polimeri organici, lubrificanti ed agenti reticolanti, per contatto di un rullo rotante, vengono raccolti su un mandrino in un unico o in più fili oppure tagliati in lunghezza da 3 a 22 mm. Il prodotto così ottenuto può essere avvolto su una bobina oppure raccolto su un tappeto ove si ha la formazione di un materassino (MAT) oppure ancora raccolto in contenitori come filo tagliato.

Nel processo di produzione della lana di vetro, il vetro passa dal bacino di fusione nei canali di condizionamento termico all'estremità dei quali viene colato, attraverso uno o più orifizi, su una o più filiere rotanti o statiche; la forza centrifuga (nel caso delle filiere rotanti) e un fluido surriscaldato e ad alta pressione (nel caso delle filiere statiche) spingono il vetro fuso a fuoriuscire attraverso i fori della filiera generando così la fibra. I fili che si formano vengono convogliati per mezzo di getti di gas di combustione nel caso delle filiere rotanti ed dal fluido stesso nel caso delle filiere statiche; essi vengono successivamente spruzzati con un collante a base di resine fenoliche, ureiche, melamminiche ecc. Le fibre vengono successivamente depositate per aspirazione su un tappeto metallico in movimento dove si forma un feltro continuo. Il feltro viene successivamente fatto passare in un forno dove avviene la presa del collante, per effetto della policondensazione delle resine. Il prodotto così ottenuto passa, quindi, previa ispezione, alla linea di finitura, al taglio ed infine all'imballaggio.

2.1.5 *Processo di produzione del vetro borosilicato (tubo)*

Le materie prime principalmente impiegate sono:

- Vetrificanti: sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate, sabbie feldspatiche, prodotti borici;
- Fondenti: carbonato di sodio e piccole quantità di carbonato di potassio;

-
- Stabilizzanti: allumina, silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, carbonato di bario;
 - Affinanti: nitrato di sodio ed in piccola quantità composti del fluoro e del cloro (limitatamente alla produzione di tubo);
 - Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione.

I forni per la produzione di vetro borosilicato hanno capacità variabile da 10 a 40 t/giorno ed hanno una vita media di circa 8 -10 anni. I forni possono essere di tipo elettrico a volta fredda, oppure a combustione con gas metano del tipo a recupero di calore (Unit Melter).

Nei forni convenzionali a gas metano, una parte dell'energia necessaria per la fusione viene fornita dal "boosting elettrico". La temperatura massima del bacino di fusione raggiunge i 1500 °C nel caso del forno elettrico e 1620-1630 °C nei forni a combustione.

Nella produzione del tubo, dal bacino di fusione il vetro passa in un canale di condizionamento dove viene raffreddato alla temperatura opportuna per essere colato su un mandrino rotante che dà origine al tubo di vetro. Dal mandrino il tubo viene tirato lungo una pista dove avviene il raffreddamento. Il prodotto così ottenuto viene successivamente tagliato in pezzi le cui estremità vengono rifinite a fuoco, per poi essere ispezionati ed imballati.

Nella produzione di flaconi, il processo produttivo è assimilabile a quanto descritto nei punti 2.1.1 e 2.1.3

2.2 I consumi di energia

Il processo produttivo del vetro é caratterizzato da elevati consumi energetici dovuti principalmente al processo di fusione, che può assorbire da un minimo di poche decine percentuali a circa l'80% dei consumi totali.

Per le aziende del settore, definito ad alta intensità energetica, il costo dell'energia rimane una parte importante del costo totale di produzione, incidendo direttamente sulla loro competitività.

Di seguito, sono riportati i dati relativi ai consumi energetici per l'anno 2012:

- Consumo annuo di energia elettrica	2.000.000.000 kWh
- Consumo annuo di gas metano	855.000.000 stm3
- Consumo annuo di olio combustibile	130.000.000 Kg

Di seguito sono riportati i consumi mensili di energia elettrica e di gas.

Grafico 1. Andamento consumi di energia elettrica - Elaborazione Assovetro su dati delle Aziende Associate - Dati 2012 in MWh [2]

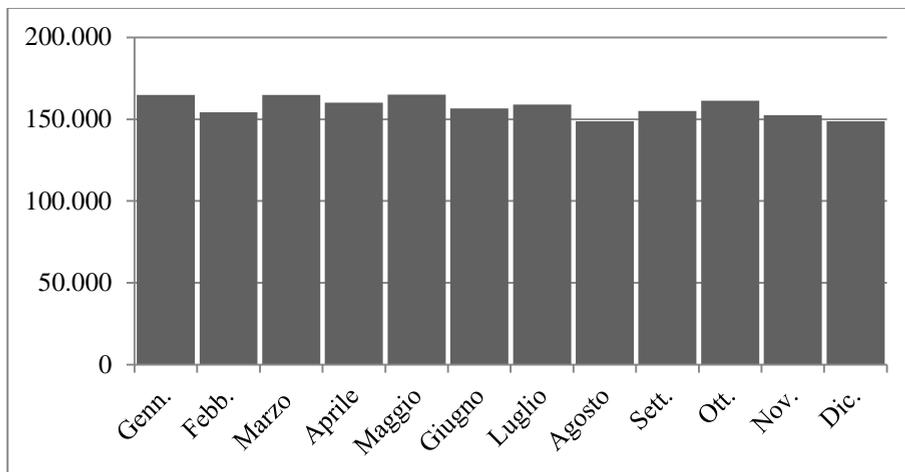
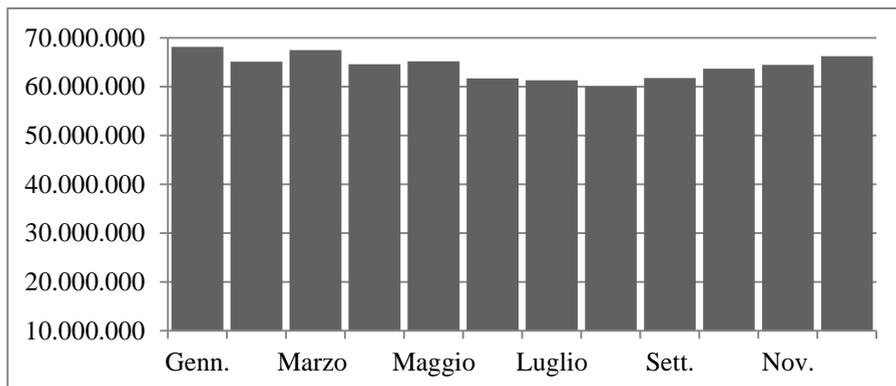


Grafico 2. Andamento consumi di gas - Elaborazione Assovetro su dati delle Aziende Associate - Dati 2012 in mc [2]



La fabbricazione del vetro è un processo ad alta intensità energetica e le scelte relative alle fonti energetiche, alle tecniche di riscaldamento ed ai metodi di recupero del calore sono centrali nella fase di progettazione del forno. Queste ovviamente influenzano le prestazioni ambientali e l'efficienza energetica dell'operazione di fusione. Le tre fonti energetiche principali sono l'olio combustibile, il gas naturale e l'elettricità.

Sulla base delle indicazioni ricavabili dal BREF 2013 [1], l'uso tipico di energia per il settore della fabbricazione dei contenitori in vetro è imputabile per il 79-82% al forno, per il 6% al canale di alimentazione, per il 4% all'aria compressa, per il 2% alla fase di ricottura e per il 6% ad altri usi. Sebbene vi siano grandi differenze tra i vari settori e le singole installazioni, l'esempio del settore dei contenitori in vetro può essere considerato sostanzialmente indicativo per l'intera industria del vetro.

La principale eccezione a questa generalizzazione è rappresentata dal settore del tubo in vetro borosilicato che richiede elevati quantitativi di energia per il raggiungimento dei requisiti di qualità richiesti dal mercato farmaceutico. Nel settore di produzione dei contenitori in vetro, inoltre, la produzione di profumeria rappresenta un caso specifico, con circa il 50 % del consumo totale di energia utilizzata per la fusione, a causa delle particolari esigenze di qualità del prodotto finale. Una situazione simile si riscontra anche nelle produzioni di vetro cavo per uso domestico.

2.2.1 Valutazione della baseline

Per quanto riguarda l'aspetto energetico, la produzione del vetro è un'attività che richiede un elevato quantitativo di energia per unità di prodotto. La fase del processo produttivo maggiormente energivora (70-80% del totale) è la fusione, e proprio riguardo i forni fusori in passato si sono riscontrati i maggiori problemi nel definire la *baseline*, quindi ci soffermeremo soprattutto su di essa. L'energia termica necessaria per la fusione del vetro proviene prevalentemente da metano, olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ) ed energia elettrica.

In tabella si riporta il riepilogo dei consumi termici ed elettrici che possono essere considerati per la definizione della *baseline* definitiva di riferimento, dopo il confronto con le prestazioni dell'impianto ante intervento.

La presente guida ha individuato per gli impianti presenti in Italia valori di riferimento per il calcolo dei risparmi nel meccanismo dei certificati bianchi, che possono essere assunti come valori medi di consumo della "pratica corrente". Tali valori sono stati derivati da un'elaborazione che ha incrociato numerose ed autorevoli fonti di informazione sia per quanto riguarda la letteratura tecnica sia per quanto riguarda i dati operativi. La documentazione tecnica di riferimento è stata il BREF 2013 [1] e le Linee Guida per l'applicazione della Direttiva Europea IPPC 96/61/CE all'industria del Vetro ed alla produzione di Fritte (fino al 2012 utilizzati

come riferimento per tutte le PPPM valutate). Per quanto riguarda i dati operativi sono stati analizzati quelli forniti da ASSOVIETRO, ma anche quella derivanti dalla banca dati dell'ENEA che negli anni sono stati raccolti a seguito delle Richieste e Verifiche di Certificazione dai progetti a consuntivo presentati nell'ambito del meccanismo dei Certificati Bianchi.

Negli ultimi anni il *boosting* elettrico si sta diffondendo parecchio, anche in sostituzione del *boosting* ad ossigeno (che ha un maggior costo energetico); pertanto ad una diminuzione del carico termico corrisponde un aumento dell'elettrico e, complessivamente, un aumento di energia primaria; il ricorso al *boosting* elettrico in genere è fatto per aumentare la capacità produttiva del forno e la qualità del prodotto, piuttosto che l'efficienza energetica.

Per questioni di uniformità della tabella, tutti i valori dei consumi sono stati riportati ad una percentuale di rottame utilizzato pari al 50%, il proponente riporterà tale valore all'utilizzo medio di rottame nella situazione ex-ante caratteristico dello specifico progetto.

Tabella 1. Consumi energetici calcolati ai fini dei TEE - su cavato.

	bottiglie	flaconeria	casalingo	filati	piano	tubi
TIPO FORNO	GJ/t	GJ/t	GJ/t	GJ/t	GJ/t	GJ/t
ELETTRICO <50 t/g		8,6	8,6	6,3		
ELETTRICO 50-100 t/g		7,9	7,8			
END PORT <50 t/g			9,3			
END PORT 50-100 t/g	6.0	6,2	6,4			
END PORT 100-250 t/g	5,5	8,9	4,6			
END PORT 250-400 t/g	4,9					
END PORT > 400 t/g	4,4					
UNIT MELTER <50 t/g						10.5
UNIT MELTER 50-100 t/g	6.0					
UNIT MELTER 100-300 t/g	5.8	6		6,6		
UNIT MELTER 300-400 t/g	5.6					
SIDE PORT 250-400 t/g	4,9					
SIDE PORT 400-600 t/g	4,7				6.7	
SIDE PORT ≥600t/g					6.2	
NB: I dati qui riportati sono determinati come media aritmetica dei forni appartenenti alle singole categorie senza tener conto delle specificità della tipologia di vetro prodotto (es. flaconeria in borosilicato, oppure distinzione tra profumeria e cosmetica nell'ambito della flaconeria, nonché tra bottiglie e vasi nella prima colonna); parimenti non si è tenuto conto della differenziazione del colore e della qualità del vetro prodotto.						

3. MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI

Nella Decisione di esecuzione della Commissione del 28 febbraio 2012 che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (MTD) per la produzione del vetro ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alle emissioni industriali (marzo 2013) sono indicate, tra le altre, le MTD per l'efficienza energetica.

Tali tecniche sono riassunte nei punti successivi, nei quali sono riportate anche alcune considerazioni di carattere pratico legate alla loro reale e possibile applicazione nel panorama dell'industria del vetro italiana.

3.1 Ottimizzazione del processo di combustione mediante il controllo dei parametri operativi

L'operazione di ottimizzazione del processo richiede un'attenta e costante gestione dei principali parametri che incidono sui consumi energetici. Tra questi, il più importante riguarda sicuramente l'ottimizzazione dei rapporti di combustione attraverso un controllo continuo di uno o più parametri, quali l'ossigeno, il monossido di carbonio ed altri. Tale monitoraggio richiede l'installazione di opportuni dispositivi di misura e di automazione particolarmente sofisticati che, nella maggior parte dei casi, non sono ancora utilizzati nella realtà industriale italiana. Altro parametro ottimizzabile è l'indice di *Wobbe* che permette di erogare, a seconda degli input provenienti dal forno, la quantità di energia necessaria tenendo conto della forte variazione del potere calorifico del gas naturale fornito dalla rete (8.900÷9.800 kcal/Smc).

L'ottimizzazione del processo si ottiene anche con l'introduzione di sofisticati ed innovativi sistemi di supervisione e controllo.

Parimenti, l'ottimizzazione del processo, può ottenersi anche in sede progettuale ed impiegando materiali refrattari innovativi e maggiormente performanti sotto il profilo energetico.

3.2 Ottimizzazione della progettazione del forno e della scelta della tecnica di fusione

La necessità di ridurre i consumi energetici per unità di vetro prodotto richiede una continua ricerca da parte dei progettisti di nuove tecnologie e di layout che consentano di migliorare le performance energetiche.

Spesso si studiano nuovi forni con geometrie particolari che permettono di ottenere un notevole efficientamento dal punto di vista energetico, così come si scelgono tecnologie più indicate al tipo e alla quantità di produzione richiesta, a volte sperimentando anche l'unione di diverse tecnologie nello stesso forno.

Un rilevante contenimento dei consumi energetici è conseguibile mediante il miglioramento del sistema di isolamento termico del forno fusorio. Nell'industria vetraria è consolidata la tendenza ad evolversi verso forni con crescente grado di isolamento, tendenza sostenuta dagli sforzi dei produttori di refrattari, che ricercano prodotti di sempre più alto standard qualitativo, per affrontare le estreme condizioni operative (di temperatura e di attacco chimico) cui sono sottoposti.

La tematica presenta opportunità tecnologiche differenti a seconda che si tratti di operare sulla volta, sul bacino o sulla suola del forno. Sulla struttura della volta (che contiene la fiamma) l'intervento di isolamento deve essere studiato in modo da non compromettere la statica della costruzione. La principale limitazione all'isolamento della volta è costituita dalla possibilità di danneggiamenti provocati dall'aumento della temperatura del refrattario e dalla concomitante azione fondente degli agenti chimici (carbonati e solfati alcalini) trascinati dai fumi di combustione; ne può risultare la fusione locale dei refrattari della volta, con gocciolamento di materiali alto fondenti nel vetro. Fatta attenzione all'aumento della temperatura sulla faccia esterna della volta (a contatto con l'isolamento) il diminuito gradiente termico complessivo (volta + isolamento) ha un effetto positivo sia sui consumi energetici sia sulla vita tecnica del manufatto.

Nell'isolamento del bacino di fusione, oltre alle ovvie funzioni statiche di contenimento, deve essere garantita una sufficiente resistenza all'usura, alle infiltrazioni ed aggressioni da parte del vetro fuso, a garanzia della durata dell'apparecchiatura e, anche qui, del livello qualitativo della produzione. E' necessario adottare alcune precauzioni per evitare la rapida corrosione in corrispondenza del livello del bagno: a seconda del vetro fabbricato (colorato o bianco) viene generalmente suggerito di non estendere la coibentazione a più di 150-200 mm al di sotto del livello del vetro.

Infine, l'isolamento della suola del forno fusorio è raccomandata non solo per gli ovvi vantaggi in termini energetici, ma anche per l'effetto positivo che esso induce sulla distribuzione delle temperature nel vetro. Soprattutto nei forni per vetri colorati o nei forni per vetro bianco con bacino moto profondo, l'aumento di temperatura di suola riduce la quantità di vetro freddo stagnante, favorendone l'omogeneizzazione e inibendo la devetrificazione.

3.3 Uso di una caldaia o altri sistemi per il recupero di calore

Circa il 25-30% dell'energia immessa in un forno fusorio viene persa nei fumi emessi dalla ciminiera. L'energia termica emessa nei fumi può essere recuperata attraverso sistemi di recupero termico con produzione di vapore, energia elettrica, cogenerazione, ecc.

3.4 Reparto composizione

I consumi specifici richiesti nella fase di fusione possono essere contenuti sin dalla preparazione della miscela di materie prime, facendo attenzione al livello di umidità, alla percentuale di rottame utilizzato ed al livello di temperatura del materiale di carica.

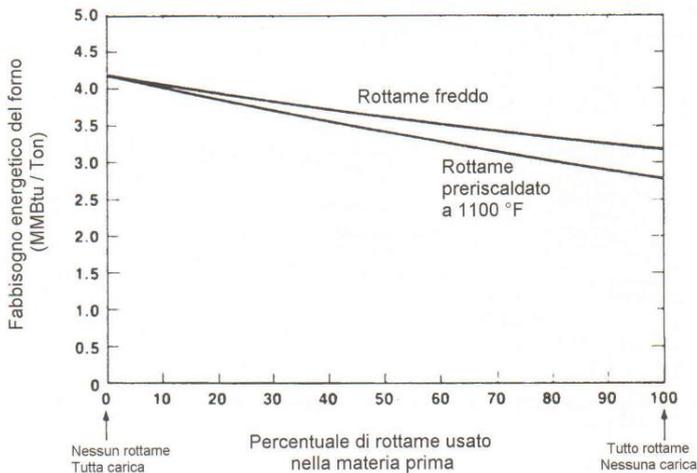
3.5 Umidità della miscela

E' consigliabile che il controllo dell'umidità della miscela venga effettuato mediante controllo dell'umidità della sabbia: in tal modo si riduce notevolmente la quantità di acqua sequestrata per reidratazione della soda (che deve essere reintegrata per assicurare l'omogeneità della composizione). La percentuale ottimale di acqua nella composizione è di circa il 4%. Detta percentuale assicura una buona coerenza della composizione vetraria ed una maggiore superficie d'attacco dei fondenti sulla silice; oltre tale limite l'umidità della miscela comporta un aggravio del bilancio di fusione.

3.6 Preriscaldamento di miscele vetrificabili e rottame di vetro

Il preriscaldamento delle miscele vetrificabili e del rottame di vetro è una tecnologia potenzialmente applicabile all'industria del vetro; il Graf. 3 mostra la richiesta di energia del forno con o senza preriscaldamento; si vede che con il 100% di vetro riciclato si ha un risparmio del 12% circa.

Graf. 3. Richiesta di energia del forno con o senza preriscaldamento.



Tuttavia, le esperienze a livello italiano sono estremamente limitate (1 solo caso). La tecnologia, pur consentendo un recupero energetico dell'ordine del 10-20%, presenta a tutt'oggi dei problemi di tipo impiantistico non ancora completamente superati.

3.7 Installazione di inverter sui motori presenti nello stabilimento

Benché siano state implementate schede analitiche per tale tipo di intervento, è possibile inserirlo in una PPPM che comprenda anche altri interventi sull'impianto.

3.8 Utilizzo di livelli più elevati di rottame di vetro

L'impiego di rottame di vetro nella composizione della miscela vetraria consente il conseguimento di risparmi energetici sia indiretti (sostituzione di materie prime ad alto contenuto energetico), che diretti, legati cioè ad una riduzione dell'energia di fusione. L'incremento dell'utilizzo di rottame nella produzione di vetro consente di ridurre i consumi energetici di circa 2,5 punti percentuali ogni 10 % di rottame riutilizzato. Tale pratica può essere riconosciuta ai fini dell'ottenimento dei certificati bianchi esclusivamente nei casi in cui vengano implementate tecnologie innovative che permettano di incrementare il suo utilizzo oltre i valori precedentemente utilizzati nello stesso impianto e comunque solo ed esclusivamente per la quota eccedente i termini di legge.

4. INDIVIDUAZIONE DELLA BASELINE

Nella scelta dell'impianto di riferimento (*baseline*) per il confronto con quanto proposto nell'intervento ed il calcolo del risparmio, come sempre nel sistema dei TEE, si possono presentare due diverse situazioni: installazione di un nuovo impianto o *revamping* d'un impianto esistente.

Per i nuovi impianti (o un adeguamento totale d'un impianto esistente) il riferimento è alla "media di mercato", cioè all'impiantistica più diffusamente offerta nel periodo in atto.

Per interventi sugli impianti esistenti il calcolo dei risparmi che possano essere riconosciuti ai fini dei certificati bianchi richiede che siano definiti in modo corretto l'addizionalità e la *baseline* degli interventi. Innanzitutto occorre accertarsi che non si tratti di un ripristino dell'impianto originario (interventi di manutenzione straordinaria), in quanto il sistema dei TEE è premiante soltanto in presenza di un miglioramento addizionale dell'efficienza energetica; Pertanto, la ristrutturazione deve connotarsi

con l'introduzione di interventi (macchine, sistemi gestionali, ecc.) che portino ad un'efficienza energetica maggiore di quella che avrebbe dato lo stato dell'arte della tecnologia. A tal fine il proponente deve individuare il grado di addizionalità degli interventi.

Per la definizione della *baseline* occorre confrontare le prestazioni energetiche dell'impianto precedente e quelle della tecnologia corrente "media di mercato" e come *baseline* per il calcolo dei risparmi deve essere scelto il valore corrispondente alla prestazione energetica migliore.

5. STIME RELATIVE AL POTENZIALE DI PENETRAZIONE DEL RISPARMIO ENERGETICO

Nonostante i notevoli progressi della tecnologia, esistono ancora dei margini per incrementi apprezzabili dell'efficienza energetica nel settore.

Le prestazioni energetiche d'avanguardia, come riportate all'interno del BREF 2013 [1], indicano valori in alcuni casi molto prossimi ai consumi attuali delle aziende italiane, in altri casi i margini di risparmio e miglioramento possono arrivare anche al 40%.

I risparmi termici che deriverebbero dalla trasformazione dell'intero parco, in uno che utilizzasse le MTD, possiamo mediamente valutarli attorno al 15% rispetto ai precedenti consumi specifici. Dato il consumo nazionale al 2012 di 855.000.000 Sm³ di metano e 130.000t di BTZ, e nell'ipotesi approssimativa di una percentuale di interventi del 50% sul totale possibile, si otterrebbe un risparmio di circa 63.000 tep.

Per i consumi di energia elettrica, considerati sull'intera linea di produzione, la possibile riduzione rispetto alla baseline è di circa il 20%. Considerando sempre una percentuale di penetrazione pari al 50% e interventi su tutta la linea di produzione, trasformando i kWh elettrici finali in energia primaria, con il coefficiente di conversione 0,187 tep/MWhe (delibera AEEG EEN 3/08) si otterrebbe un risparmio di circa 37.400 tep.

6. L'ALGORITMO DI CALCOLO DEL RISPARMIO

L'algoritmo per il calcolo dei risparmi deriva dal confronto dei consumi adottati come baseline con quelli misurati nella nuova situazione impiantistica. Poiché l'algoritmo viene espresso mediante i consumi specifici, esso definisce la differenza tra il consumo nella configurazione ex post e quanto avrebbe consumato l'impianto di riferimento per realizzare la stessa produzione. Le variabili da misurare sono:

- quantità di combustibile utilizzato nel forno;
- potere calorifico del combustibile utilizzato;

- quantità di vetro prodotto (tonnellate);
- consumo annuo di energia elettrica.

6.1 Risparmio relativo all'energia termica

Il generico algoritmo ha la seguente struttura:

$$R_t = \left\{ C_{stb} - C_{stpost} * \left[1 - \frac{(50-R)*0.025}{10} \right] \right\} * P \quad [\text{tep/anno}]$$

in cui:

- C_{stb} = Consumo specifico termico di baseline [tep/t] al 50% di rottame
- C_{stpost} = E_t / P = consumo specifico termico post intervento [tep/t]
- E_t = consumo annuale di energia termica = quantità di combustibile utilizzato x PCI [tep]
- P = tonnellate di vetro prodotto [t/anno]
- R = percentuale di rottame utilizzata nel post

Tale algoritmo è solo indicativo; la percentuale di rottame di riferimento deve essere variata in base alle caratteristiche specifiche dell'impianto.

6.2 Risparmio relativo all'energia elettrica

Il possibile algoritmo ha la seguente struttura:

$$R_e = \left\{ C_{seb} - C_{sepost} \left[1 - \frac{(50-R)*0.025}{10} \right] \right\} * P * c \quad [\text{tep/anno}]$$

in cui:

- C_{seb} = Consumo specifico elettrico di baseline [kWh/t vetro]
- E_e = consumo annuale di energia elettrica [kWh]
- C_{sepost} = E_e / P = consumo specifico di energia elettrica [kWh/t vetro]
- P = tonnellate di vetro prodotto [t/anno]
- c = $0,187 \square 10^{-3}$ [tep/kWh]
- R = percentuale di rottame utilizzata nel post

7. INTERVENTI PRESENTATI NEL SISTEMA DEI TEE

I progetti presentati nel settore della produzione del vetro per il rilascio dei Certificati Bianchi sono circa cinquanta, calcolandoli a partire dalla data di inizio del sistema di incentivazione fino a praticamente ottobre 2013. Di questi soltanto due si sono conclusi con esito definitivo negativo, tutti gli altri hanno avuto esito definitivo positivo, magari a seguito anche

di più revisioni o semplicemente per un cambiamento di giudizio da parte dell'AEEG rispetto a quello che in prima istanza aveva espresso ENEA.

In realtà il primo progetto è presentato nel 2008, per cui dopo una certa stasi iniziale, si è registrato un discreto interesse.

Gli interventi sono presenti nelle diverse aree del ciclo produttivo, ma è nell'area del forno fusorio che si registra il maggior numero di progetti e soprattutto la maggiore entità di certificati ottenuti. Si hanno interventi anche nell'intero ciclo produttivo, recupero di calore tramite scambiatori o cicli ORC, sostituzione di compressori e caldaie, inserimento di inverter.

Di seguito (Tab. 2) si riporta un riassunto della tipologia degli interventi incentivati fino ad oggi, con l'indicazione dei risultati che sono stati raggiunti. A riguardo, va precisato che i valori del risparmio sono puramente indicativi e potrebbero essere sensibilmente diversi nel caso di un intervento presentato in futuro.

Questo perché l'intervallo riportato dipende dalle modifiche apportate agli impianti, ma soprattutto dalle caratteristiche tecniche della situazione di partenza e dalle caratteristiche specifiche dell'impianto stesso.

In particolare, per le percentuali più alte di risparmio riconosciute in caso di sostituzione o rifacimento completo del forno, va tenuto conto che sono state approvate pratiche con *baseline* molto alte, soprattutto a seguito di approvazioni di PPPM fatte dall'AEEG, nonostante il parere contrario dell'ENEA.

Anche per quanto riguarda i recuperi di calore, i risultati ottenuti sono molto variabili in base al particolare intervento di recupero effettuato che varia dal ciclo ORC, che consente ingenti risparmi, al recupero di calore dal tunnel di raffreddamento del vetro per scaldare ambienti limitrofi, intervento che porta notevoli benefici al personale addetto ma riconosce una quantità inferiore di tep.

Tabella 2. Interventi realizzati in vetrerie all'interno del sistema dei TEE. Elaborazione delle Richieste di Verifica e Certificazione dei risparmi energetici pervenute ad ENEA nell'ambito del meccanismo dei TEE [3].

	Tipologia d'intervento	N° di interventi presentati	Risparmio riconosciuto
1	Modifica del forno	1	5%
2	Sostituzione del forno	37	4-46%
3	Recupero di calore	7	100 – 3480 tep/anno
4	Sistemi di gestione	1	5%
5	Interventi vari	2	20% dei consumi elettrici

7.1 Modifica o rifacimento del forno

La modifica o rifacimento del forno è l'intervento più frequente, poiché si può agire sui vari componenti (bruciatori, materiali refrattari, boosting elettrici, modifica della geometria del forno) per rinnovare la tecnologia. Si tratta di un *revamping* progettuale che modifica gli impianti per migliorarne le prestazioni produttive e/o energetiche.

Spesso è affiancato ad altri interventi che riguardano anche le linee produttive o recuperi di calore.

I risultati attesi cadono in un intervallo molto ampio, in relazione alla vastità dell'intervento, che può andare dalla sostituzione d'un solo elemento ad un intervento multiplo o addirittura al rifacimento dell'intero forno.

7.2 Recupero di calore

Diversi operatori hanno realizzato l'intervento di recupero dell'energia termica disponibile nei fumi del forno fusorio mediante varie tecnologie (dal recupero semplice mediante scambiatori di calore a cicli Rankine a vapore surriscaldato per produzione di energia elettrica o cicli ORC); qualcuno ha recuperato calore anche in altre fasi del processo produttivo (da compressori o dal tunnel di raffreddamento del vetro). Il calore utile viene indirizzato principalmente al processo produttivo o al riscaldamento di zone di servizi. L'intervallo di variabilità con cui si presenta il risultato dipende dalla situazione ex ante.

7.3 Sistemi di gestione

Il sistema dei certificati bianchi riconosce anche l'incremento di efficienza energetica che risulti da interventi che migliorano la gestione degli impianti. In genere si tratta di programmi informatici che consentono una maggiore precisione nel controllo delle fasi di processo.

Non sono considerate modifiche al sistema di gestione le mere modifiche di pratiche operative.

7.4 Interventi vari

Altri interventi di efficienza energetica possono presentarsi in relazione a specifiche caratteristiche del processo produttivo. Sono inoltre possibili degli interventi che sono presenti in modo trasversale in molti insediamenti industriali e riguardano i servizi energetici centralizzati: centrale elettrica, centrale termica, impianti di riscaldamento e condizionamento, illuminazione, produzione di aria compressa, installazione di inverter.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass– 2013 – European Commission.
- [2] Relazione alla Assemblea Generale delle Aziende associate– 2013
- [3] Richieste di Verifica e Certificazione dei risparmi energetici pervenute ad ENEA nell’ambito del meccanismo dei TEE
- [4] Proposte di Progetto e di Programma di Misura pervenute ad ENEA nell’ambito del meccanismo dei TEE

TRE REGOLE DA SEGUIRE PER LA PREPARAZIONE DELLE PPPM

UNO: SINTESI

Compilare i campi della scheda tipo in modo chiaro, esaustivo ma sintetico. La scheda tipo “è” la proposta. Non si rimandino informazioni importanti agli allegati.

La formula dell’algoritmo va inserita e descritta compiutamente nel relativo campo della scheda tipo.

La scheda di rendicontazione deve consistere in un foglio di calcolo con formule in chiaro, nel quale si possano seguire e verificare i calcoli eseguiti.

Descrivere il progetto in modo asciutto evitando avverbi o frasi magniloquenti: non aggiungono valore informativo e rendono più pesante lo studio del caso.

La probabilità di successo della proposta non è proporzionale al numero degli allegati.

Fornire un semplice schema di impianto, composto dai principali elementi con linee di connessione, da cui si capisca come erano le situazioni ex ante ed ex post. Evidenziare, in modo chiaro, il posizionamento degli strumenti di misura, possibilmente con una legenda che li descriva ed individui.

DUE: CONTATTI

ENEA fornisce chiarimenti via telefono o via e-mail sui progetti da proporre o in corso di valutazione, o programma incontri con i proponenti.

Per domande, inviare una e-mail a: certificatibianchi@enea.it

oppure compilare il modulo sul blog ENEA:

<http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/faq.html>

Per chiedere un incontro, compilare il modulo:

<http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/chiedere-un-incontro-col-gdl.html>

TRE: TAKE CARE

I certificati bianchi migliorano il conto economico, valorizzano l’immagine, aumentano il giro di affari di proponenti e clienti partecipanti. Per conseguire tutti questi tangibili vantaggi, il proponente abbia cura nella preparazione della proposta. Conviene dedicare impegno addizionale nella predisposizione della proposta: se questa è ben presentata, si abbreviano i tempi di istruttoria e si ottengono certificati più velocemente. È un interesse comune a tutti noi.

GLOSSARIO

AEEG	Autorità per l'energia elettrica e il gas
BAT	Best available techniques
BREF	BAT reference document
CE	Commissione europea
D.Lgs	Decreto legislativo
DM	Decreto ministeriale
EEN	Efficienza energetica
EM	Energy manager
ENEA	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
MTD	Migliori tecniche disponibili
PPPM	Proposta di progetto e programma di misura
SSE	Società di servizi energetici
TEE	Titoli di efficienza energetica
SEM	Società con energy manager

**L'ENEA-UTEE ricopre le funzioni di
Agenzia nazionale per l'efficienza energetica**

Come tale ha la responsabilità di supervisionare il quadro istituito allo scopo di rafforzare il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia sotto il profilo costi/benefici, e di verificare il risparmio energetico risultante dai servizi energetici e dalle altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica, comprese quelle vigenti a livello nazionale, e riferisce in merito ai risultati della verifica. (Decreto legislativo 50 maggio 2008 n. 115, Art. 4, recepimento della Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici).

ENEA-UTEE Unità tecnica per l'efficienza energetica

Gruppo di lavoro sui certificati bianchi

Centro Ricerche Casaccia

Via Anguillarese, 301

00123 Santa Maria di Galeria (Roma)

Tel. 0630483574

certificatibianchi@enea.it

<http://blogcertificatibianchienea.weebly.com/index.html>

Edito dall'ENEA
Unità Comunicazione
Lungotevere Thaon di Revel, 76 – 00196 Roma
www.enea.it

Gestione della banca dati 'certificati bianchi' dell'ENEA: Daniele Ranieri

Grafica e versione digitale: Giuseppina Del Signore

Revisione editoriale: Rosa Labellarte

Copertina: Cristina Lanari

Stampa: Laboratorio tecnografico – Centro Ricerche ENEA Frascati