



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

SVILUPPO DI MODELLI TECNO-ECONOMICI PER
VALUTAZIONI DI IMPIEGO DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE AD
ALTA EFFICIENZA IN IMPIANTI INDUSTRIALI

Relatore: Prof.ssa Giovanna Cavazzini
Dipartimento di Ingegneria Industriale

Correlatore: Ing. Roberto Galvanelli
Bartucci S.p.A.

Laureando: Michele Creazzi

Anno Accademico: 2013-2014

"Il mondo che abbiamo creato è il prodotto del nostro pensiero,
dunque non può cambiare se prima non modifichiamo il nostro modo di pensare."

Albert Einstein

Indice

Sommario	1
Introduzione	3
CAPITOLO 1	5
L'efficienza energetica nel settore industriale	5
1.1 Il ruolo dell'efficienza energetica nella politica energetica nazionale ed europea	5
1.2 Stato dell'efficienza energetica nel settore industriale italiano	7
1.3 Quadro normativo	8
1.3.1 L'impianto normativo europeo.....	8
1.3.2 Le norme UNI-ISO in tema di efficienza energetica	9
1.3.3 L'impianto normativo italiano	11
1.4 I sistemi di incentivazione energetica nel settore industriale	12
1.5 Potenziale di sviluppo dell'efficienza energetica nell'industria	13
1.6 Le principali barriere agli investimenti in efficienza energetica	15
1.7 Le Società di Servizi Energetici (ESCO).....	15
1.7.1 Definizione di ESCo e certificazione secondo la normativa UNI CEI 11352	15
1.7.2 L'Energy Performance Contracting	16
1.7.3 I principi vincenti del sistema ESCo	21
1.8 Le principali tecnologie per l'efficienza energetica nell'industria	21
1.8.1 Combustione.....	23
1.8.2 Impiego di vapore.....	24
1.8.3 Recupero di calore	24
1.8.4 Refrigerazione	25
1.8.5 Cogenerazione-trigenerazione	25
1.8.6 Alimentazione elettrica.....	26
1.8.7 Azionamenti elettrici	27
1.8.8 Aria compressa	28
1.8.9 Sistemi di pompaggio	29
1.8.10 Riscaldamento, raffrescamento e ventilazione degli ambienti.....	29
1.8.11 Illuminazione	29
1.8.12 Processi di essiccazione, separazione, concentrazione	30
CAPITOLO 2.....	31
Il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica	31
2.1 I Titoli di Efficienza Energetica o Certificati Bianchi	31
2.1.1 La normativa in merito	31
2.1.2 L'articolazione generale del sistema	32
2.1.3 I soggetti obbligati	32
2.1.4 I soggetti volontari.....	33

2.2	La valutazione e verifica dei risparmi di energia primaria	33
2.2.1	Vita utile e vita tecnica	33
2.2.2	Risparmio netto integrale, risparmio contestuale, risparmio anticipato.....	34
2.2.3	Metodi di valutazione standardizzata	35
2.2.4	Metodi di valutazione analitica	35
2.2.5	Metodi di valutazione a consuntivo.....	35
2.2.6	Dimensione minima	36
2.2.7	Tipi di titoli.....	36
2.3	Il conseguimento dei TEE.....	36
2.3.1	Presentazione dei progetti.....	36
2.3.2	L'attività degli enti valutatori delle proposte di riconoscimento dei TEE.....	37
2.3.3	Registrazione presso il Gestore dei Mercati Energetici (GME)	38
2.3.4	Cumulabilità dei TEE con altri strumenti incentivanti	38
2.3.5	Baseline e addizionalità.....	38
2.4	Le novità introdotte dal Decreto Ministeriale del 28 dicembre 2012	39
2.5	Il mercato dei TEE.....	40
2.6	Obiettivi e risultati conseguiti del meccanismo	42
2.7	Efficacia ed efficienza economica dei principali strumenti di incentivazione all'efficienza energetica.....	46
CAPITOLO 3.....		49
Software per l'audit energetico presso impianti industriali		49
3.1	L'audit energetico	49
3.1.1	Cos'è un audit energetico.....	49
3.1.2	Le fasi	49
3.1.3	Struttura della checklist per l'audit energetico industriale	50
3.1.4	Struttura del report di flash-audit.....	51
3.2	Sviluppo del software per l'audit energetico	52
3.2.1	Scopi e principi base del software	52
3.2.2	Struttura generale del software	53
3.2.3	L'interfaccia di inserimento dei dati	54
3.2.4	L'analisi quantitativa dei consumi energetici.....	55
3.2.5	I modelli di valutazione tecno-economica delle possibili soluzioni ad alta efficienza	56
3.2.6	La redazione della classifica degli interventi.....	57
3.2.7	Il file di output.....	57
3.3	Modalità di valutazione economica degli investimenti di efficienza energetica.....	59
3.4	Implementazione nel software per l'audit energetico dell'analisi e mappatura dei consumi di stabilimento	61
3.4.1	Dati in input.....	61
3.4.2	Dati in output.....	64
3.4.3	Metodologia di analisi quantitativa dei consumi	65
3.4.4	Un caso reale	67

CAPITOLO 4.....	71
Motori elettrici ad alta efficienza	71
4.1 I motori elettrici	71
4.1.1 I motori elettrici in industria	71
4.1.2 La tecnologia	72
4.1.3 Le classi di efficienza dei motori elettrici.....	72
4.1.4 Potenziale di diffusione	75
4.2 L'installazione di motori elettrici ad alta efficienza e l'ottenimento di TEE	75
4.2.1 La scheda tecnica n.30E - "Installazione di motori elettrici a più alta efficienza".....	75
4.2.2 Considerazioni riguardo baseline e addizionalità relative a interventi di sostituzione di motori elettrici nel settore industriale	78
4.3 Implementazione nel software per l'audit energetico dell'intervento di installazione di motori elettrici ad alta efficienza.....	79
4.3.1 Dati in input.....	79
4.3.2 Dati in output.....	81
4.3.3 Calcolo del risparmio di energia elettrica.....	81
4.3.4 Stima dei TEE ottenibili	83
4.3.5 Analisi economica	84
4.4 Un caso reale.....	86
4.4.1 Descrizione dell'intervento	86
4.4.2 Analisi del progetto condotta da Bartucci SpA	90
4.4.3 Risultati dell'analisi dell'intervento condotta mediante software.....	91
4.5 Studio dell'applicabilità della tecnologia mediante l'analisi di un caso tipico.....	94
CAPITOLO 5.....	97
Variatori elettronici di velocità	97
5.1 I variatori elettronici di frequenza su motori elettrici	97
5.1.1 L'impiego dei regolatori elettronici di frequenza sui motori elettrici industriali	97
5.1.2 Potenziale di diffusione	98
5.2 La tecnologia dei regolatori elettronici di frequenza	98
5.2.1 Principi di funzionamento e vantaggi della regolazione di velocità a frequenza variabile ..	98
5.3 La regolazione elettronica di velocità mediante inverter su motori elettrici azionanti pompe	105
5.4 La regolazione elettronica di velocità mediante inverter su motori elettrici azionanti ventilatori	109
5.5 La regolazione elettronica di velocità mediante inverter su motori elettrici azionanti compressori.....	112
5.6 La regolazione elettronica di velocità mediante inverter su motori elettrici azionanti altri apparecchi	112
5.7 L'installazione di sistemi elettronici di regolazione della frequenza su motori elettrici azionanti pompe e l'ottenimento di TEE	113
5.8 L'installazione di sistemi elettronici di regolazione della frequenza su motori elettrici azionanti ventilatori e l'ottenimento di TEE.....	114
5.9 Implementazione nel software per l'audit energetico dell'intervento di installazione di regolatori elettronici di frequenza su motori elettrici azionanti pompe.....	115

5.9.1	Dati in input.....	115
5.9.2	Dati in output.....	116
5.9.3	Calcolo del risparmio di energia elettrica	117
5.9.4	Stima dei TEE ottenibili	123
5.9.5	Analisi economica.....	124
5.10	Implementazione nel software per l'audit energetico dell'intervento di installazione di regolatori elettronici di frequenza su motori elettrici azionanti ventilatori.....	125
5.10.1	Dati in input.....	125
5.10.2	Dati in output.....	126
5.10.3	Calcolo del risparmio di energia elettrica	127
5.10.4	Stima dei TEE ottenibili	130
5.10.5	Analisi economica	130
5.11	Un caso reale di installazione su pompe	130
5.11.1	Descrizione dell'intervento	130
5.11.2	Risultati dell'analisi eseguita mediante il software "PumpSave"	131
5.11.3	Risultati dell'analisi condotta mediante il software per l'audit energetico	132
5.12	Un caso reale di installazione su ventilatori.....	134
5.12.1	Descrizione dell'intervento	134
5.12.2	Risultati dell'analisi eseguita mediante il software "FanSave" e risultati reali dell'intervento	134
5.12.4	Risultati dell'analisi condotta mediante il software per l'audit energetico	135
5.13	Studio dell'applicabilità della tecnologia mediante l'analisi di un caso tipico	137
CAPITOLO 6.....		141
Il recupero termico per usi termici civili		141
6.1	Il recupero termico da fumi di scarico	141
6.1.1	Il recupero di calore di scarto da processi industriali	141
6.2	Il teleriscaldamento.....	143
6.2.1	I vantaggi del teleriscaldamento e l'attuale diffusione	143
6.2.2	Le tecnologie di produzione del calore.....	145
6.2.3	Le tecnologie di distribuzione del calore.....	147
6.3	Il recupero termico per teleriscaldamento e l'ottenimento di TEE.....	147
6.4	Implementazione nel software per l'audit energetico dell'intervento di recupero termico da fumi per alimentare una rete di teleriscaldamento	148
6.4.1	Dati in input.....	148
6.4.2	Dati in output.....	149
6.4.3	Calcolo del contenuto energetico sfruttabile dei fumi	150
6.4.4	Calcolo della producibilità di energia termica	154
6.4.5	Stima dei TEE ottenibili	155
6.4.6	Analisi economica	156
6.5	Un caso reale	161
6.5.1	Descrizione dell'intervento	161

6.5.2 Analisi del progetto condotta da Bartucci SpA	162
6.5.3 Risultati dell'analisi del progetto condotta mediante software	163
6.5.4 Osservazioni	163
6.6 Studio dell'applicabilità della tecnologia mediante l'analisi di un caso tipico.....	164
CAPITOLO 7.....	167
Il recupero termico per produzione elettrica	167
7.1 Il recupero termico di calore di scarto da processi industriali per produzione elettrica mediante impianto ORC.....	167
7.1.1 Il recupero termico da processi industriali mediante ORC	167
7.1.2 Potenziale di diffusione	168
7.2 La tecnologia ORC	168
7.2.1 Il ciclo Rankine a fluido organico	168
7.2.2 L'applicazione ai recuperi termici.....	172
7.3 Il recupero termico con impianto ORC e l'ottenimento di TEE	173
7.4 Implementazione nel software per l'audit energetico dell'intervento di recupero termico da fumi per produzione di energia elettrica mediante modulo ORC	174
7.4.1 Dati in input.....	174
7.4.2 Dati in output.....	174
7.4.3 Calcolo della producibilità di energia elettrica	175
7.4.4 Stima dei TEE ottenibili	181
7.4.5 Analisi economica	181
7.5 Un caso reale.....	186
7.5.1 Descrizione dell'intervento	186
7.5.2 Analisi del progetto condotta da Bartucci SpA	188
7.5.3 Risultati dell'analisi del progetto condotta mediante software	189
7.5.4 Osservazioni	190
7.6 Studio dell'applicabilità della tecnologia mediante l'analisi di un caso tipico.....	191
CAPITOLO 8.....	195
Conclusioni	195
Bibliografia	197
Ringraziamenti	201

Sommario

Oggetto del seguente lavoro di tesi è l'applicazione di soluzioni tecnologiche volte al miglioramento dell'efficienza energetica in impianti industriali. Il punto di partenza è stato uno studio sullo stato dell'arte dell'efficienza energetica nel contesto industriale italiano analizzando il quadro normativo nazionale ed europeo, il potenziale di sviluppo e gli obiettivi futuri, le principali tecnologie impiegabili per l'efficientamento energetico nei processi industriali. Un'approfondita trattazione è stata dedicata al meccanismo incentivante dei Titoli di Efficienza Energetica (TEE): i suoi principi fondanti, la normativa in merito, le procedure per l'ottenimento dei Titoli, il mercato dei TEE. Visto il ruolo di primaria importanza che ricopre nel miglioramento dell'efficienza energetica del sistema paese e in particolare del settore industriale, è stato analizzato il sistema delle Società di Servizi Energetici (ESCo) concentrando l'attenzione allo strumento dell'audit energetico. Partendo dall'esperienza e dalle esigenze di Bartucci SpA, società di consulenza energetica specializzata nel settore industriale e certificata come ESCo secondo lo standard UNI CEI 11352, è stata realizzata un'applicazione informatica di supporto alla realizzazione di audit energetici presso stabilimenti industriali. Obiettivo del software è quello di implementare una metodologia sistematica ed efficace di realizzazione degli audit riunendo in sé le fasi di raccolta di dati presso lo stabilimento produttivo, analisi dei consumi energetici, individuazione e valutazione tecno-economica preliminare di possibili interventi di miglioramento dell'efficienza nell'ottica di una realizzazione mediante *Energy Performance Contracting* (EPC). L'estrema vastità delle realtà impiantistiche riscontrabili nel panorama industriale e delle possibili soluzioni di efficientamento teoricamente applicabili ha reso necessario concentrare l'attività di questo lavoro di tesi sulla costruzione della struttura di base del software e sulla realizzazione ed implementazione dei modelli tecno-economici di valutazione di un limitato numero di tecnologie. In particolare, di concerto con i tecnici di Bartucci S.p.A., sono stati scelti i seguenti interventi ritenuti tra i più significativi in termini di potenziale di diffusione e/o di risparmio energetico ottenibile: installazione di motori elettrici ad elevata efficienza, installazione di regolatori elettronici di velocità su sistemi di pompaggio, installazione di regolatori elettronici di velocità su motori elettrici azionanti ventilatori, recupero termico di calore di scarto per usi termici civili, recupero termico di calore di scarto per autoproduzione di energia elettrica mediante impianti ORC. Ognuna di queste soluzioni è stata oggetto di uno studio dal punto di vista tecnologico, del potenziale di risparmio energetico ottenibile, dell'attuale penetrazione nel contesto industriale e del potenziale di diffusione sul mercato. Per ognuna di esse è stato poi realizzato e implementato nel software un modello che, partendo dai dati relativi al singolo impianto industriale acquisiti durante l'audit, ne esegue uno studio di fattibilità dal punto di vista tecnico ed economico. Le funzionalità del software e i singoli modelli sono stati poi testati su alcuni casi reali al fine di valutarne l'affidabilità. Tutto il lavoro è stato svolto in stretta collaborazione con Bartucci S.p.A. che se ne prefigge come primo destinatario e fruitore.

Introduzione

Le crescenti preoccupazioni a livello globale sulla disponibilità di combustibili fossili e sugli effetti del cambiamento climatico, la dipendenza dalle importazioni, nonché il permanere di una congiuntura economica sfavorevole, hanno posto i paesi europei di fronte a una sfida senza precedenti: costruire un'economia a bassa intensità energetica. A livello di politiche globali ed europee vi è una crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale ed energetica ed è stato progressivamente riconosciuto l'enorme potenziale esprimibile in questo senso dallo sviluppo dell'efficienza energetica. La nuova Direttiva Europea 2012/27/UE e, a livello italiano, la recente Strategia Energetica Nazionale recepiscono tale potenziale riconoscendo il ruolo strategico dell'efficienza energetica per il raggiungimento degli obiettivi europei, per l'ottimizzazione della spesa energetica e, in ultima analisi, per contribuire al conseguimento di un adeguato livello di sicurezza energetica. Il settore industriale italiano sconta un pesante deficit di competitività sui mercati internazionali dovuto al prezzo di acquisto dell'energia che è mediamente superiore del 25% rispetto alla media europea. Ciò è dovuto in primo luogo alla forte dipendenza dall'importazione di combustibili fossili che supera l'80% del fabbisogno energetico nazionale. In questo contesto, il miglioramento dell'efficienza energetica nel settore industriale rappresenta uno strumento fondamentale, non solo per rispettare gli impegni presi a livello internazionale, ma anche per rilanciare la competitività delle imprese italiane e garantire una crescita sostenibile al "sistema-paese". Il principale strumento di sostegno alla diffusione delle soluzioni tecnologiche ad alta efficienza energetica in ambito industriale messo in campo a livello nazionale è il meccanismo incentivante dei Titoli di Efficienza Energetica, oggetto di un recente aggiornamento e potenziamento in termini di obiettivi ed efficacia. Attori decisivi all'interno del meccanismo e nell'intero settore dell'efficienza energetica sono le Società di Servizi Energetici (ESCo), indispensabili alla realizzazione di interventi di efficientamento anche nelle situazioni in cui l'utente finale non dispone di competenza specifica e/o risorse finanziarie adeguate. L'estrema diversificazione e complessità delle realtà impiantistiche riscontrabili nel settore industriale rendono ancor più indispensabile il ruolo di ESCo altamente specializzate nella diagnosi energetica e nell'individuazione e valutazione delle soluzioni tecnologiche di miglioramento più innovative e adatte al singolo caso. In questo senso, le stesse Direttiva Europea 2012/27/UE e Strategia Energetica Nazionale definiscono gli audit energetici come uno degli strumenti più importanti al fine del miglioramento dell'efficienza energetica del comparto industriale italiano.

In questo contesto si colloca il seguente lavoro di tesi, avente come fine ultimo la realizzazione di uno strumento informatico di supporto alla realizzazione di audit energetici presso stabilimenti industriali e in particolare alla valutazione tecno-economica di soluzioni tecnologiche ad elevata efficienza. Il progetto nasce dall'esperienza pluriennale e dalle esigenze di Bartucci S.p.A. , società di consulenza energetica specializzata nel settore industriale e certificata come ESCo secondo lo standard UNI CEI 11352, ed è stato realizzato grazie agli strumenti messi a disposizione dalla società stessa e al prezioso aiuto fornito dai suoi tecnici.

CAPITOLO 1

L'efficienza energetica nel settore industriale

1.1 Il ruolo dell'efficienza energetica nella politica energetica nazionale ed europea

Come è ben noto, il tema dell'efficienza energetica ha assunto progressivamente una grande importanza nella politica energetica italiana e internazionale. Nonostante fino ad oggi sia rimasta in secondo piano nel dibattito pubblico e politico, a vantaggio delle tecnologie per lo sfruttamento di fonti di energia rinnovabili, l'efficienza energetica rappresenta infatti un fondamentale strumento per affrontare i problemi legati alla dipendenza dai combustibili fossili. La crescita del fabbisogno energetico globale, stimata intorno al +30% tra il 2010 e il 2035 (*International Energy Agency, 2012*), continuerà infatti per molti anni ad essere soddisfatta in massima parte attraverso il ricorso a fonti fossili (le stime dell'Agenzia Internazionale per l'Energia prevedono che al 2035 le fonti fossili avranno ancora un contributo del 75% al fabbisogno globale, contro un attuale 81%). Ciò ovviamente porta con sé importanti impatti ambientali e climatici, ed esaspera il problema della dipendenza energetica di molti paesi soprattutto europei. La mancanza di autonomia energetica è strettamente legata al problema della sicurezza dell'approvvigionamento nonché alla competitività economica di una nazione, e l'Italia in questo senso si colloca tra i peggiori stati dell'UE.

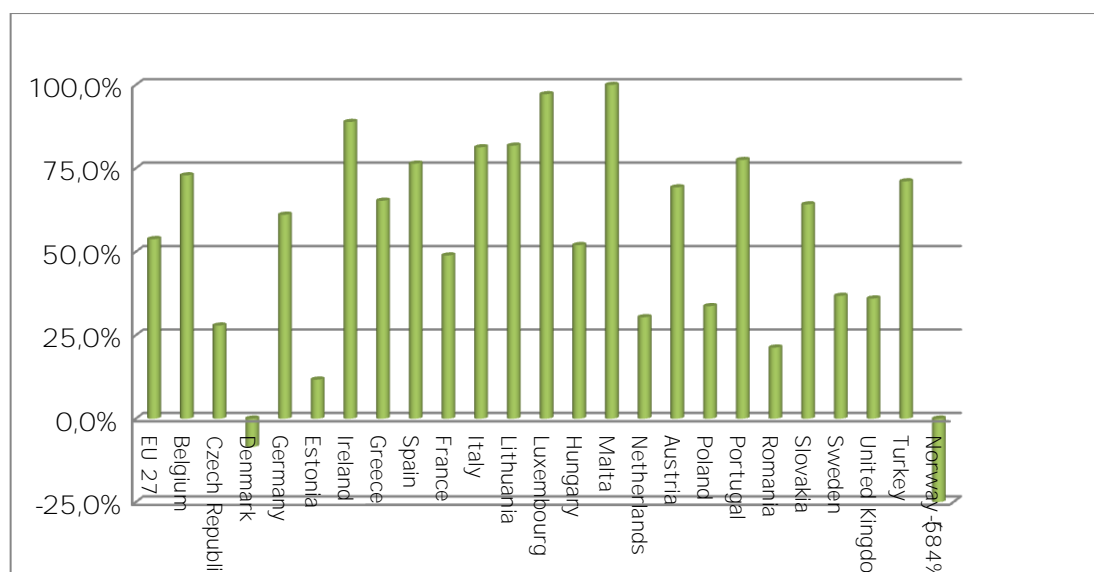


Fig. 1.1 - Dipendenza energetica dall'estero dei paesi UE-27 nel 2011 (fonte: Eurostat).

La dipendenza dalle importazioni, le preoccupazioni sull'approvvigionamento di combustibili fossili a livello mondiale e gli effetti del cambiamento climatico hanno posto i paesi europei di fronte a una sfida senza precedenti: costruire un'economia a bassa intensità energetica¹. In questo contesto l'efficienza energetica è stata progressivamente riconosciuta come uno strumento chiave necessario ad affrontare i problemi sopra citati in un'ottica di medio e lungo periodo, fino a diventare uno dei tre punti chiave della "Strategia 20-20-20" adottata dall'Unione Europea (UE) che si è concretizzata nel Pacchetto Clima ed Energia del 2008. Anche a livello italiano negli ultimi anni si è assistito a un

¹ L'intensità energetica è una grandezza macroeconomica presa come misura dell'efficienza energetica del sistema economico di una nazione, è definita come rapporto tra fabbisogno energetico totale e PIL.

cambio di rotta verso una pianificazione organica basata sull'imprescindibile connessione tra sicurezza energetica e sicurezza ambientale. La recente Strategia Energetica Nazionale (SEN) approvata nel marzo 2013 sembra andare in questa direzione indicando l'efficienza energetica come primo obiettivo strategico e riconoscendo il nesso tra energia e competitività. La doppia natura dell'efficienza energetica legata ai miglioramenti tecnologici ma anche a comportamenti consapevoli e responsabili verso gli usi energetici la rendono lo strumento più efficace dal punto di vista della praticabilità tecnica, finanziaria e socio-economica. Il Piano d'Azione Europeo per l'Efficienza Energetica 2011 (PAEE), predisposto da ENEA e emendato dal Ministero dello Sviluppo Economico, evidenzia il ruolo imprescindibile dell'efficienza energetica nel raggiungimento del ambizioso -20% di consumi al 2020. L'Italia è tradizionalmente uno dei paesi dell'area OCSE con minore consumo finale di energia per abitante: 2,4 tep pro capite contro la media europea di 2,7 (ENEA, 2013). Il posizionamento dell'Italia su bassi valori di intensità energetica (129,21 tep/Mp " p g l) è da attribuirsi alla scarsità di fonti energetiche nazionali, alle proprie tradizioni culturali e sociali, alle caratteristiche del territorio, alla qualità delle prestazioni energetiche di molti sistemi e componenti prodotti dall'industria nazionale e, infine, alle politiche messe in atto in risposta alle crisi energetiche mondiali. Per quanto riguarda il raggiungimento degli obiettivi di risparmio di energia primaria al 2020 stabiliti dal "Pacchetto Clima e Energia" dell'UE, l'Italia ha superato il target intermedio al 2010 ottenendo una riduzione del consumo energetico del 3,6% contro il 3% atteso e mostrando una riduzione dell'intensità energetica sia primaria che finale con un tasso medio annuo pari rispettivamente a -0,3% e -0,27% (ENEA, 2013). I vari settori hanno contribuito in modo diverso a questo risultato: il residenziale è quello che ha avuto miglioramenti regolari e costanti per tutto il periodo 1990-2009, l'industria ha avuto significativi miglioramenti solo negli ultimi quattro anni, il settore dei trasporti ha registrato gli incrementi di efficienza più modesti.

Tabella 1.1 - Risparmio energetico annuale atteso e conseguito (ENEA,2012).

Settore	Risparmio energetico annuale conseguito al 2010 [GWh/anno]	Risparmio energetico annuale atteso al 2010 (PAEE 2007) [GWh/anno]	Risparmio energetico annuale atteso al 2016 (PAEE 2007) [GWh/anno]
Residenziale	32.472	16.998	56.830
Terziario	5.042	8.130	24.700
Industria	8.270	7.040	21.537
Trasporti	2.972	3.490	23.260
Totale	47.711	35.658	126.327

Tabella 1.2 - Previsione dei contributi dei settori economici al risparmio atteso (PAEE 2011).

Settore	2016	2020
Residenziale	47%	42%
Terziario	19%	16%
Industria	16%	16%
Trasporti	17%	27%

Nel 2011 il consumo finale di energia in Italia è risultato pari a 128,1 Mtep, di cui il 32% dovuto al settore dei trasporti, il 26% all'industria, il 23% al residenziale, il 13% ai servizi, il 4% alla pubblica amministrazione. Come riportato in tabella 1.1, circa il 70% del risparmio energetico annuale conseguito al 2010 proviene dal settore residenziale, e anche le indicazioni del PAEE 2011 attribuiscono a residenziale e terziario oltre 2/3 del risparmio atteso al 2016 e 2020. Il Rapporto

Annuale sull'Efficienza Energetica del 2011 redatto dall'ENEA indica per l'industria un risparmio di circa 1,2 Mtep rispetto al quinquennio precedente al 2006 corrispondenti a circa il 25-30% del target previsto dalla SEN per il 2020. Al di là degli obiettivi nazionali ed europei, non vanno trascurate le importanti ricadute positive che hanno gli interventi di efficienza energetica in ambito industriale in termini di miglioramento tecnologico delle produzioni e riduzione della bolletta energetica (mediamente superiore del 25% alla media europea), che si traducono in un miglioramento della competitività sui mercati internazionali.

1.2 Stato dell'efficienza energetica nel settore industriale italiano

Anche se in decrescita negli ultimi anni per effetto della sfavorevole congiuntura economica, l'industria ha ancora un peso importante sui consumi energetici finali nazionali (passato dal 28% del 2005 al 23% del 2010). Nonostante l'intensità energetica dell'industria italiana abbia visto un netto miglioramento (riduzione) durante il ventennio 1990-2010, se si utilizza come indicatore di efficienza il rapporto tra consumi energetici e produzione, è stato rilevato che soprattutto negli ultimi anni la maggior parte dei settori ha peggiorato il proprio livello di efficienza energetica, ossia registrato una contrazione dei consumi energetici meno che proporzionale rispetto al calo della produzione (legato inevitabilmente alla crisi economica). A ciò si aggiunge il pesante deficit di competitività delle imprese italiane sui mercati internazionali dovuto al prezzo dell'energia nettamente superiore alla media europea che porta ad avere in molti casi una "bolletta energetica" che supera abbondantemente il 5% del fatturato. Da queste considerazioni si evince che lo spazio per interventi di efficientamento dei processi industriali è molto ampio: sono stati stimati un potenziale teorico di riduzione dei consumi energetici industriali da qui al 2020 di 64 TWh e un risparmio previsto di 16 TWh (politecnico di Milano, 2012). L'ampio scarto previsto tra il potenziale teorico disponibile e la previsione del risparmio che si realizzerà effettivamente è dovuto principalmente al "ritardo" del quadro normativo italiano rispetto al benchmark europeo e alla ancora scarsa diffusione di una vera "cultura" dell'efficienza energetica tra gli operatori industriali, le banche e gli istituti di credito. La "nuova" Direttiva europea 2012/27/UE (che va a sostituire l'ormai famosa Direttiva 2006/32/CE) riconosce il ruolo strategico dell'efficientamento nei settori industriali per il raggiungimento degli obiettivi europei "20-20-20"² e allo stesso tempo prende atto delle maggiori difficoltà (entità degli investimenti, elevata complessità nell'individuazione delle tecnologie più adatte,) che questo incontra rispetto ad altri strumenti quali ad esempio l'efficienza energetica nel residenziale o lo sfruttamento di fonti rinnovabili. In questo senso la direttiva prevede misure specifiche per l'efficientamento energetico nell'industria quali l'imposizione alle grandi imprese di sottoporsi ad audit energetici almeno ogni quattro anni, la creazione di elenchi pubblici di fornitori di servizi energetici qualificati, la diffusione di informazioni alle banche e alle altre istituzioni finanziarie sugli strumenti di finanziamento dei progetti di efficienza energetica, la creazione di un meccanismo indipendente per la risoluzione stragiudiziale delle controversie che riguardano contratti di servizi energetici. Tra il 2009 e il 2011 il sistema delle norme ISO e UNI ha fatto passi in avanti estremamente significativi, definendo (con la ISO 50001, la UNI CEI 11352 e la UNI CEI 11339) i requisiti che dovrebbero rispettare i tre attori fondamentali della filiera dell'efficienza, ovvero le imprese "utilizzatrici di energia", le Società di Servizi Energetici (ESCO) e i professionisti nella "gestione dell'energia" (EGE). Nel frattempo però in Italia il recepimento della già citata Direttiva 32/2006/CE sull'efficienza energetica è avvenuto con due anni di ritardo con il D.lgs. 115/08 ed in una versione "depotenziata", senza meccanismi di qualificazione prescritti e con il fondo rotativo degli interventi (Fondo Rotativo "Kyoto") che è divenuto effettivamente operativo solo nel 2012. Solo un modesto numero di operatori industriali si è certificato ISO 50001, cui si affiancano una cinquantina di ESCO certificate UNI 11352 (circa il 2% del totale di quelle accreditate presso l'AEEG) e circa 60 professionisti in "gestione dell'energia"

² Il "Pacchetto Clima-Energia" varato dall'Unione Europea pone i seguenti traguardi da raggiungere entro il 2020 rispetto ai livelli del 1990: riduzione del 20% delle emissioni di gas serra, copertura del 20% dei consumi energetici con fonti rinnovabili, riduzione del fabbisogno di energia primaria del 20%. E' attualmente in fase di elaborazione un aggiornamento degli obiettivi che propone traguardi ancor più ambiziosi per il 2030.

(FIRE, 2014). Alcune positive novità sono state fortunatamente introdotte dal D.M. del 28 dicembre 2012 che, oltre a fissare i nuovi obiettivi di risparmio per il quadriennio 2013-2016 e modificare in parte la gestione del meccanismo dei TEE (vedi capitolo 2), ammette alla presentazione di progetti con richiesta di TEE qualsiasi impresa che nomini un *energy manager* senza alcuna soglia di consumo e stabilisce che ESCo ed *energy manager* debbano certificarsi rispettivamente secondo le norme UNI 11352 e UNI 11339 entro fine 2014 per poter essere accreditati come operatori nel meccanismo dei TEE. Presupposto indispensabile affinché il potenziale di mercato si trasformi in reali investimenti in efficientamento energetico da parte delle imprese è che si diffonda all'interno del sistema industriale del nostro paese la "cultura" dell'efficienza energetica intesa come consapevolezza del problema della gestione dell'energia e conoscenza degli strumenti più idonei ad affrontarlo. Il quadro che esce da indagini condotte sulle imprese italiane in merito a questo tema è invece piuttosto desolante. Poco meno del 17% delle imprese dispone di un *energy manager*, solo il 22% delle imprese adotta un approccio strutturato alla "gestione dell'energia", il 15% non ha attivato alcun sistema nemmeno rudimentale di misura e controllo dei consumi energetici (Energy and Strategy Group Politecnico di Milano, 2012). Nel 90% dei casi il *driver* decisionale primario che ha guidato gli investimenti di efficientamento energetico è legato all'obsolescenza o all'efficientamento produttivo, ossia non ha quasi nulla a che vedere con la ricerca specifica di un risparmio nei consumi/costi energetici. Nel 71% dei casi i progetti di investimento si sono scontrati con "barriere" di natura economica, in particolare i tempi ritorno giudicati talvolta troppo lunghi e la difficoltà nel reperimento delle risorse finanziarie. Infatti, se guardando alla convenienza "assoluta" (ovvero la differenza fra costo del kWh risparmiato e quello dello stesso kWh proveniente da fonte tradizionale) quasi tutte le tecnologie per l'efficientamento energetico appaiono economicamente sostenibili anche in assenza di incentivazioni, non si può dire lo stesso in merito al tempo di rientro dell'investimento che risulta essere molto spesso eccessivo se comparato con le soglie massime fissate dalle aziende che tipicamente sono di due o tre anni. Bisogna anche tener conto che, in un investimento di efficienza energetica, il ritorno non è caratterizzato da nuovi ricavi ma dai minori costi sostenuti in futuro e la possibilità di produrre *cash flow* positivi si basa sull'esistenza di consumi energetici associati a un'attività. L'azienda in cui si realizza l'intervento (con un meccanismo in cui di solito si inserisce l'attività delle ESCo) deve prevedere che i risparmi conseguiti vengano in tutto o in parte utilizzati per ripianare il capitale investito. In un periodo congiunturale difficile, dove anche la possibilità di accedere al credito da parte delle imprese ha segnato un forte rallentamento, il sistema finanziario preferisce evidentemente orientarsi verso quegli interventi in grado di generare un flusso di cassa in modo svincolato dall'attività tipica dell'impresa. In questo senso, risultano essere ancora avvantaggiati gli investimenti nel settore delle energie rinnovabili in quanto un impianto alimentato a fonte rinnovabile può continuare a produrre reddito anche quando l'attività di impresa è ferma o molto ridotta. Per questi motivi gli operatori puntano il dito contro le banche italiane che al momento si rivelano essere piuttosto riluttanti rispetto al finanziamento di interventi di efficienza energetica, sia quando essi sono realizzati dalle imprese sia quando lo sono in "cordata" con le ESCo. In tal senso, un forte stimolo all'efficienza energetica in ambito industriale potrebbe venire da interventi pubblici a sostegno di quelle forme di finanziamento provenienti dal mondo creditizio che avrebbero proprio la funzione di garantire l'istituto finanziatore sulla efficacia del progetto di efficientamento: finanziamento tramite terzi, *project financing*, *energy performance contracting*, ecc.

1.3 Quadro normativo

1.3.1 L'impianto normativo europeo

La direttiva 2006/32/CE ha costituito fino a dicembre 2012 il *framework* europeo all'interno del quale i paesi membri hanno legiferato sulle proprie politiche di miglioramento dell'efficienza energetica. Tale direttiva, recepita in Italia con il D.lgs. 115/08, era caratterizzata dal non prevedere obblighi giuridicamente vincolanti per gli stati membri ma fissava un obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico al 2016 pari al 9% rispetto alla media del quinquennio 2001-2005. La direttiva prevedeva che ciascuno stato elaborasse dei piani a livello nazionale che illustrassero le modalità con cui intendeva raggiungere gli obiettivi prestabiliti, ma non definiva esplicitamente misure per il settore industriale (se non un generico richiamo in Allegato III). La direttiva si focalizzava principalmente

sugli aspetti del finanziamento degli interventi di efficienza energetica e sulla "qualità" dei soggetti che offrono tali servizi. Un'altro provvedimento europeo cui era interessato il settore industriale è la Direttiva 96/61/CE (Prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento) che è indirizzata a filiere industriali particolarmente impattanti sull'ambiente entrando nel merito di tutte le forme di impatto ambientale tra cui è contemplato il consumo di energia. Dal gennaio 2005, inoltre, le imprese europee rientranti nei settori indicati dalla Direttiva sull'*Emission Trading* 2003/87/CE devono limitare le proprie emissioni di anidride carbonica. Dal 5 dicembre 2012 è entrata in vigore la "nuova" Direttiva europea in materia di efficienza energetica 2012/27/UE che è andata a sostituire la famosa Direttiva 2006/32, e dovrà essere recepita dagli stati membri entro il 5 giugno 2014. Le ragioni che hanno costretto l'Europa a "correre ai ripari" nella propria politica di efficienza energetica risiedono nelle ricognizioni svolte che evidenziavano come, senza interventi correttivi, l'Unione Europea avrebbe potuto raggiungere solo metà dell'obiettivo di riduzione del 20% del proprio consumo di energia primaria al 2020 previsto dal "Pacchetto 20-20-20". Le novità introdotte dalla Direttiva sono estremamente significative, soprattutto se si considera il loro impatto sull'adozione di tecnologie energeticamente efficienti per gli usi industriali. Essa infatti non contiene di per sé un obiettivo vincolante per gli stati ma impone specifiche misure da adottare. Le misure principali previste sono l'obbligo di ristrutturazione del 3% ogni anno della superficie coperta utile occupata da edifici pubblici, l'obbligo per le imprese energetiche di pubblica utilità di raggiungere ogni anno un risparmio energetico pari al 1,5% dell'energia totale venduta ai consumatori, l'obbligo per gli stati di costituire gli strumenti di finanziamento necessari a favorire l'attuazione di misure di efficienza energetica. Riconoscendo il ruolo strategico dell'efficientamento dei settori industriali per il raggiungimento degli obiettivi europei e allo stesso tempo prendendo atto delle maggiori difficoltà che questo incontra, la Direttiva prevede misure specifiche da adottare nel campo industriale. In particolare per le grandi imprese è previsto l'obbligo di sottoporsi ogni quattro anni ad *audit* energetici svolti in modo indipendente da esperti qualificati e/o accreditati, con esenzione per le imprese che attuano già un sistema di gestione dell'energia conforme alla norma UNI EN ISO 50001. L'obbligo non è riconosciuto per le piccole e medie imprese (PMI), tuttavia la Direttiva suggerisce che gli stati membri elaborino adeguati programmi per incoraggiare le PMI a sottoporsi ad *audit* energetico e attuare le raccomandazioni risultanti da tali *audit*. Viene inoltre posta l'attenzione sulla qualificazione e trasparenza degli operatori di efficienza energetica a livello industriale, prevedendo un "sistema informativo" che possa coinvolgere tutti gli attori del processo: elenchi pubblici di fornitori di servizi energetici "qualificati", diffusione alla banche e alle altre istituzioni finanziarie di informazioni sugli strumenti di finanziamento delle misure di efficienza energetica, creazione di un meccanismo indipendente per garantire il trattamento efficiente di reclami e controversie nate in relazione a contratti di servizi energetici. La Direttiva prevede poi che la cogenerazione ad alto rendimento (CAR), il teleriscaldamento e teleraffrescamento debbano essere supportati mediante la messa a punto da parte degli stati di piani nazionali su un orizzonte temporale di lungo periodo, così da creare un contesto stabile e favorire gli investimenti. Appare evidente come, soprattutto nell'immediato (nella migliore delle ipotesi la norma sull'obbligatorietà dell'*audit* energetico per le grandi imprese non entrerà in vigore a livello europeo prima del 30 giugno 2017 e con possibili ritardi nell'adozione da parte degli stati membri) l'impatto della "nuova" Direttiva sia piuttosto limitato. Appare però altrettanto evidente come essa colga gli aspetti fondamentali dell'adozione delle soluzioni di efficientamento energetico nei settori industriali e in questo senso vada a colmare il *gap* della precedente Direttiva 2006/32/CE.

1.3.2 Le norme UNI-ISO in tema di efficienza energetica

Accanto ai meccanismi "prescrittivi" di cui si è discusso nel paragrafo precedente, il quadro regolatorio internazionale entro cui va inserita la discussione sull'efficienza energetica a livello industriale non può non prendere in considerazione il sistema delle norme ISO³ e/o UNI⁴. Ovviamente

³ L'ISO (*International Organization for standardization*) è il più grande ente sviluppatore di norme tecniche volontarie internazionali.

sono numerose le norme tecniche che riguardano i vari aspetti degli interventi di efficienza energetica nei processi industriali ma, in questa sede, si ritiene significativo richiamare le tre norme che descrivono i requisiti cui devono sottostare tre attori fondamentali della filiera dell'efficienza: si tratta della norma ISO 50001 per le imprese "utilizzatrici di energia", la UNI CEI 11352:2010 per le ESCo, la UNI CEI 11339:2009 per i professionisti nella "gestione dell'energia". Si tratta di norme che regolano forme "volontarie" di certificazione ma per loro stessa natura si propongono di definire delle *best practice* nei rispettivi ambiti diventando inevitabilmente dei termini di paragone per valutare la situazione degli operatori economici. A ciò si aggiunge il fatto che queste norme sono spesso accompagnate da meccanismi di premialità per gli operatori che le adottano, creando dei differenziali di competitività che rappresentano la ragione ultima per cui le imprese optano per la certificazione. La norma ISO 50001 ("*energy management systems - Requirements with guidance for use*") definisce i requisiti fondamentali che un sistema di gestione dell'energia dovrebbe avere, fornendo alle imprese un quadro di riferimento per l'integrazione delle prestazioni energetiche nella gestione quotidiana delle varie attività con particolare attenzione all'individuazione dei fattori di consumo energetico lungo tutta la catena produttiva dell'impresa. Non vengono dati obiettivi "numerici" di miglioramento energetico ma vengono definiti gli strumenti e le procedure considerati indispensabili per avviare e sistematizzare il processo di misura e incremento delle prestazioni energetiche delle imprese. Fra le ragioni che spingono un'impresa a certificarsi volontariamente secondo la ISO 50001 vi è indubbiamente il fatto di poterla utilizzare a fini commerciali nei confronti dei clienti o di *signaling* verso investitori e *stakeholder* istituzionali, ma vi è anche un valore "interno" di sistematizzazione delle iniziative che comunque l'impresa sceglie di adottare. La natura estremamente "pratica" della norma ha inoltre ricadute concrete sul *business* delle imprese e permette di attivare piani di risparmio energetico anche importanti. Focalizzando l'attenzione sul contesto italiano risulta ancora molto ridotto il numero di imprese certificate ISO 50001. Le grandi imprese sono ancora piuttosto "scettiche" e lamentano l'assenza di premialità per le aziende certificate: non vi sono ad esempio premi aggiuntivi sul numero di TEE ottenuti da interventi effettuati a seguito dell'implementazione del piano, oppure (come accade in Germania) riduzioni sulle tariffe di distribuzione elettrica e del gas. Le piccole imprese, dal canto loro, lamentano soprattutto i costi della certificazione e auspicano lo sviluppo di meccanismi di sostegno adeguati. La norma UNI CEI 11352 ("Gestione dell'energia. Società che forniscono servizi energetici (ESCo) - Requisiti generali e lista per la verifica dei requisiti) formalizza le "prescrizioni" cui devono sottostare le ESCo, ossia le società preposte a fornire servizi di efficienza energetica. È evidente come, in un sistema virtuoso, l'interazione fra una ESCo "certificata" e un'impresa con un sistema di gestione dell'energia certificato sia particolarmente semplice, giacché le procedure di intervento dell'una ben si sposano con le informazioni a disposizione dell'altra. Inoltre, è ovvio che ci si attenda anche un impatto significativo in termini di *signaling* verso il cliente (soprattutto quello industriale) che dalla certificazione della ESCo può trarre un'indicazione circa la bontà delle sue procedure operative, e verso lo *stakeholder* bancario che dovrebbe assegnare maggiore "merito" alle ESCo certificate. Per i requisiti specifici che una ESCo deve rispettare per ottenere la certificazione si rimanda al paragrafo 1.7. Guardando alla situazione attuale in Italia, a luglio 2013 risultano aver ottenuto la certificazione 49 ESCo ossia circa l'1,2% del totale delle ESCo accreditate presso l'AEEG (FIRE, 2013). Numeri tutto sommato limitati considerando l'importanza dello strumento della certificazione delle ESCo riconosciuta dal Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE) 2011, ma destinati sicuramente ad aumentare dopo l'emanazione del Decreto Ministeriale del 28 dicembre 2012 sui Certificati Bianchi che prescrive la certificazione UNI 11352 entro due anni dall'emanazione del decreto di tutte le ESCo che partecipino al meccanismo dei TEE. La terza norma tecnica che vale la pena menzionare è la UNI CEI 11339 ("Requisiti generali per la qualificazione degli Esperti in Gestione dell'Energia") che definisce i requisiti generali e la procedura di qualificazione per l'esperto in gestione dell'energia (EGE), delineandone i compiti, le competenze e le modalità di valutazione delle competenze stesse. L'EGE si colloca in una posizione intermedia tra le ESCo e le imprese, è definito come "un soggetto che ha le competenze, l'esperienza e la capacità necessarie per gestire l'uso dell'energia in modo efficiente". Bisogna sottolineare come la presenza di un meccanismo di certificazione distingue con chiarezza l'Esperto in Gestione dell'Energia dalla figura dell'*energy manager* che invece è una funzione organizzativa e non una qualifica professionale.

⁴ L'UNI (Ente Nazionale Unificazione) è un'associazione privata senza scopo di lucro riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea che studia, elabora, approva e pubblica le norme tecniche volontarie in tutti i settori industriali, commerciali e del terziario (esclusi quello elettrico ed elettrotecnico).

Riguardo alle modalità di valutazione della rispondenza dell'individuo alle competenze richieste, la norma ammette l'autovalutazione, la valutazione da parte dell'azienda in cui lavora il candidato e la valutazione da parte di un soggetto terzo. Appare evidente come l'autovalutazione sia in aperto contrasto con il principio di "terzietà" che dovrebbe invece caratterizzare i meccanismi di certificazione. La mancata trasparenza circa il modello di valutazione utilizzato rischia di ridurre complessivamente l'autorevolezza della certificazione stessa. In Italia l'unico organo di certificazione riconosciuto dall'ente di accreditamento Accredia⁵ come titolato alla "valutazione di terza parte" per la UNI CEI 11339 è il SECEM (Sistema Europeo di Certificazione in Energy Management) appositamente creato dal FIRE⁶. Nelle sue linee guida per la valutazione riveste un ruolo fondamentale il fattore esperienziale; per poter accedere alla valutazione sono infatti richiesti almeno tre anni di esperienza specifica nell'*energy management* con progressiva crescita di tale soglia in base al titolo di studio. A luglio 2013 risultavano certificati EGE per il settore industriale soltanto 41 professionisti. Anche in questo caso, oltre alla scarsa rigerosità nei meccanismi di valutazione dei requisiti, come "freno" allo sviluppo di EGE certificati pesa la mancanza di premialità per i soggetti (imprese) che fanno impiego di EGE.

1.3.3 L'impianto normativo italiano

L'uso razionale dell'energia è incentivato in Italia a partire dagli anni '80 del secolo scorso. Il primo provvedimento adottato è stato la *legge n°308 del 29 maggio 1982* con la quale veniva promossa la prima campagna di incentivi per i settori dell'edilizia, dell'agricoltura e dell'industria, con finanziamenti in conto capitale e in conto interessi. La legge si proponeva di incentivare il contenimento dei consumi energetici e l'utilizzazione delle fonti rinnovabili quali l'energia solare, eolica, idraulica, geotermica, i rifiuti, nonché lo sfruttamento di calore di scarto da processi industriali, impianti termici e impianti di produzione elettrica. Mentre gli interventi nel campo edile venivano finanziati in conto capitale fino a un 30% dell'investimento, nell'industria e nell'agricoltura erano previsti contributi in conto interessi o in conto capitale per le iniziative che conseguivano un'economia non inferiore al 15% dei consumi iniziali di idrocarburi e energia elettrica. Gli incentivi costituirono un forte traino per la realizzazione di progetti che prospettavano per le imprese indicatori di redditività prossimi alla soglia di interesse. I due esempi di maggior successo a seguito della legge 308/82 furono il decollo dei programmi di teleriscaldamento delle aziende municipalizzate e, nel settore industriale, particolari innovazioni tecnologiche quali i forni a rulli in sostituzione di quelli a tunnel nel comparto ceramico. Gli interventi incentivati con la legge 308/82 generarono nel triennio 1985-1987 un risparmio medio annuo pari a circa 6 Mtep. A distanza di circa dieci anni, venne emanata la *legge n°10 del 9 gennaio 1991* che, sul versante contributivo, confermava l'impianto delle precedenti legge 308/82 con la differenza che tutti gli incentivi erano erogati esclusivamente in conto capitale. Un aspetto peculiare di entrambe le leggi appena citate consisteva nella valutazione dei risparmi energetici tramite schede tecniche di tipo "standardizzato" che permettevano di stilare graduatorie di merito in base alle quali assegnare i contributi. Un nuovo approccio normativo tendente all'incremento dell'efficienza energetica sul territorio nazionale è stato introdotto dai decreti "gemelli" del 24 aprile 2001: "Individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili". Tali decreti, riguardanti rispettivamente il gas e l'energia elettrica, sono stati superati dai *decreti ministeriali del 20 luglio 2004* emessi dal Ministero delle Attività Produttive in concerto col Ministero 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 con il *D.M. 21 dicembre 2007* e dal *D.Lgs. n°115 del 30 maggio 2008*. I Decreti Ministeriali del 20 luglio 2004 "elettrico" e "gas" hanno introdotto in Italia il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica (TEE) o "Certificati Bianchi" (ampiamente descritto nel capitolo 2). Tale sistema incentiva le misure di efficientamento realizzate in qualunque settore

⁵ Accredia è l'unico organismo nazionale autorizzato dallo Stato a svolgere attività di accreditamento.

⁶ La Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE) è un'associazione tecnico-scientifica il cui scopo è promuovere l'uso efficiente dell'energia, supportando chi opera nel settore e promuovendo un'evoluzione positiva del quadro legislativo e regolatorio.

degli usi finali, compreso quello industriale. Da sottolineare è il fatto che il meccanismo dei TEE per l'incentivazione dell'efficienza energetica introdotto in Italia sia stato il primo ad essere adottato, in maniera vincolante e non solo volontaria, a livello mondiale. Infatti, laddove la legislazione incentivante precedente era caratterizzata da interventi proposti dall'utente finale su base volontaria (nella speranza di accedere al contributo economico), il nuovo meccanismo fa convivere lo spirito d'obbligo con l'iniziativa volontaria: alcuni soggetti (nella fattispecie distributori di energia elettrica e gas con più di 100.000 utenti) sono obbligati a raggiungere obiettivi di risparmio energetico operando in prima persona o accedendo ai risparmi conseguiti da altre categorie di soggetti operanti nell'ambito dei meccanismi. La partecipazione dell'industria al meccanismo è andata incrementandosi nel tempo, tanto che circa il 90% dei TEE emessi dal GSE nel 2013 riguarda il settore industriale. Attualmente, lo strumento dei Certificati Bianchi è un efficace strumento a disposizione delle industrie per poter incentivare la propria efficienza energetica, e su di esso si poggia gran parte della strategia nazionale per il raggiungimento dell'obiettivo +20% di efficienza energetica al 2020. Dopo i primi tre anni di effettivo funzionamento del meccanismo, il *D.M. 21 dicembre 2007* ha apportato alcune importanti revisioni e correzioni: ha corretto al rialzo gli obiettivi di risparmio energetico per gli anni 2008-2012, ha ampliato la platea di soggetti obbligati ai distributori di energia elettrica e gas con più di 50.000 clienti, ha incluso tra i soggetti "volontari" anche le aziende che hanno provveduto alla nomina di *energy manager*. Altre modifiche sono state introdotte dal *D.Lgs. 28 del 3 marzo 2011* e dal *D.M. 5 settembre 2011*, ma soprattutto dal *D.M. 28 dicembre 2012* che oltre a introdurre alcune importanti novità tecniche (vedi capitolo 2), ha definito gli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio per gli anni 2013-2016 e ha trasferito l'attività di gestione del meccanismo dei TEE dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG) al Gestore dei Servizi Energetici (GSE). A livello strettamente tecnico-operativo si inseriscono nel meccanismo dei TEE le numerose delibere AEEG a riguardo; si ricordano in particolare la delibera EEN 9/11 (linee guida di funzionamento del meccanismo), le delibere 4/06, GOP 26/09, 449/2012 (delega di attività a ENEA e RSE), la delibera EEN 3/08, le delibere EEN 4/11, 9/10, 2/10, 177/05, 70/05, 111/04, 234/02 (schede tecniche per la valutazione dei risparmi), le delibere EEN 16/10, 21/09, 36/08, 345/07, 219/04 (contributo tariffario).

1.4 I sistemi di incentivazione energetica nel settore industriale

Le soluzioni di efficienza energetica nel settore industriale sono attualmente incentivate in Italia essenzialmente attraverso due meccanismi: i Titoli di Efficienza Energetica e il cosiddetto Fondo Rotativo "Kyoto". Il principale canale di finanziamento per azioni di efficienza nel settore industriale è rappresentato dai TEE, a cui infatti è dedicato l'intero capitolo 2. Per quanto riguarda il Fondo Rotativo "Kyoto", si tratta di un fondo rotativo istituito presso la Cassa Depositi e Prestiti ai sensi della Legge Finanziaria 2007, dell'ammontare complessivo di circa 600 milioni di euro. I finanziamenti, erogati a tasso agevolato del 0,5% sono destinati a misure di microgenerazione diffusa, rinnovabili di piccola taglia, usi finali (isolamento termico di edifici, teleriscaldamento, geotermia, cogenerazione), sostituzione di motori elettrici industriali, ricerca in tecnologie innovative, interventi su imprese agro-forestali, gestione forestale sostenibile. A fianco delle due principali fonti di incentivazione appena descritte esistono molteplici sistemi di incentivazione e supporto all'efficienza in campo industriale promossi a livello regionale. Va ricordato inoltre il meccanismo di incentivazione fiscale (detrazione del 20%) per la sostituzione di motori elettrici e l'installazione di *inverter* che è rimasto in vigore dal 2007 al 2010, seppur questo non abbia prodotto i risultati stimati. Per l'ambito industriale il meccanismo delle "detrazioni fiscali 65%" (55% fino a giugno 2013) per interventi di razionalizzazione energetica sugli edifici risulta di marginale importanza, in primo luogo per la natura stessa del tipo di interventi incentivati, in secondo luogo per la non cumulabilità con i Certificati Bianchi introdotta dal D.M. del 28 dicembre 2012 nell'articolo 10. Ai Certificati Bianchi è assegnato un ruolo fondamentale nel raggiungimento degli obiettivi energetici nazionali al 2020, data la crescente rilevanza di questo strumento negli interventi nel settore industriale e l'efficienza di costo che uno strumento "di mercato" come questo dovrebbe garantire rispetto agli incentivi diretti (*feed-in* o detrazioni).

1.5 Potenziale di sviluppo dell'efficienza energetica nell'industria

Come accennato precedentemente, la crisi economico-finanziaria ha ridotto i volumi d'affari aggravando i bilanci delle imprese e che le previsioni non lasciano ipotizzare una rapida inversione di tendenza, inoltre il prezzo dell'energia (in particolare quella elettrica) in Italia è molto più alto di quello dei paesi europei a simile sviluppo industriale. E' in questa difficile congiuntura internazionale che le aziende, per salvaguardare i margini e mantenere la competitività, devono puntare su obiettivi di efficienza dando priorità all'efficienza energetica. E' per questa ragione che la nuova Strategia Energetica Nazionale (SEN), approvata lo scorso marzo, indica l'efficienza energetica come strumento prioritario in grado di contribuire simultaneamente al perseguimento degli obiettivi energetici, ambientali e di competitività del nostro paese. Al centro delle politiche vi è un grande programma che consenta il superamento degli obiettivi europei al 2020 e il perseguimento di una leadership industriale per catturare la forte crescita internazionale attesa nel settore. In particolare ci si propone di risparmiare ulteriori 20 Mtep di energia primaria entro il 2020, con un contributo atteso dal settore industriale pari a 4,2 Mtep. Tale obiettivo si potrà raggiungere attraverso l'impiego di tecnologie ormai consolidate, quali motori elettrici ad alta efficienza, inverter, cogenerazione, recuperi di calore dai processi produttivi, utilizzo di biomassa come combustibile, assieme a misure di efficientamento più innovative applicate anche in ambiti in cui l'impiego di tecnologie energeticamente efficienti non rappresentava una priorità. L'applicazione di tecnologie efficienti in tutti i settori produttivi richiederebbe la disponibilità di meccanismi di incentivazione in grado di superare le barriere di lunghezza dei tempi di ritorno e di difficoltà nel reperimento delle risorse finanziarie necessarie. Attualmente, il meccanismo dei Certificati Bianchi è il principale strumento di incentivazione dell'efficienza energetica nell'industria e su di esso poggia gran parte della strategia nazionale per il raggiungimento degli obiettivi di risparmio al 2020. Considerando solo gli interventi più classici e consolidati per l'efficienza energetica in ambito industriale (motori elettrici ad alta efficienza, inverter, UPS, efficientamento dei sistemi di produzione di aria compressa, efficientamento dei refrigeratori, cogenerazione, recupero di calore per generazione elettrica mediante ORC, fotovoltaico) è stata stimato un potenziale teorico di riduzione dei consumi pari a 64 TWh da qui al 2020 (Politecnico di Milano, 2012). Considerando invece i tassi di penetrazione attesi per le diverse tecnologie (considerando la possibile evoluzione della convenienza economica e la facilità di applicazione) il potenziale reale di risparmio di energia primaria ottenibile dal solo settore industriale è pari a 2,4 Mtep entro il 2020 (Politecnico di Milano, 2012), valore in linea con il contributo definito nel PAEE 2011. Nel complesso, si osserva che gli obiettivi di efficienza energetica nel comparto industriale definiti nel PAEE 2011 sono in linea con le previsioni di diffusione delle tecnologie per l'efficienza energetica, tuttavia esiste un forte potenziale per conseguire superiori livelli di efficienza che appare di difficile realizzazione considerando l'attuale sistema di incentivazione e le attuali prestazioni economiche degli investimenti associati. Per avere un'indicazione di massima di quali settori industriali potrebbero essere luogo di più attrattivi investimenti per l'efficienza energetica è possibile prendere in considerazione due variabili rappresentative come la marginalità e l'intensità energetica media. A parità di risparmio sul costo dell'energia potenzialmente ottenibile con una certa soluzione, è ragionevole ritenere che le imprese contraddistinte da una marginalità più bassa siano più interessate a realizzare l'investimento. La seconda variabile rilevante è l'intensità energetica, intesa come incidenza della bolletta energetica sul fatturato dell'impresa. Un'elevata incidenza determina una maggiore opportunità di ottenere risparmi di costo in valore assoluto a parità di riduzione percentuale dei consumi.

Tabella 1.3 - Marginalità e incidenza della bolletta energetica sul fatturato dei principali settori industriali italiani (ISTAT, MiSE)

Settore	EBITDA Margin 2010	Variazione EBITDA Margin 2007-2010	Spesa energia/ fatturato
Metallurgia	2,4%	-73,8%	5,9%
Prodotti per l'edilizia	4,0%	-66,9%	8,2%
Chimica	7,2%	-1,8%	2,2%
Meccanica	7,8%	-23,6%	1,3%
Alimentare	7,1%	-10,2%	2,1%
Carta	3,7%	-53,3%	5,5%
Tessile	5,1%	-48,1%	1,9%
Vetro	10,7%	-31,3%	6,2%

Dai dati riportati in tabella 1.3 emerge innanzitutto un quadro piuttosto desolante per quanto riguarda soprattutto la marginalità dell'industria nazionale che nel periodo 2007-2010 manifesta una pesante riduzione nella maggior parte dei settori salvo qualche eccezione (industria chimica e alimentare). Dal punto di vista dell'incidenza della bolletta energetica sul fatturato, la situazione risulta piuttosto eterogenea con un valore medio nazionale pari al 2,4% (politecnico di Milano, 2012). Osservando i valori di queste due variabili significative per i principali macro-settori produttivi italiani si nota come i settori della metallurgia, dei prodotti per l'edilizia e della carta, oltre ad avere livelli inferiori di marginalità ed aver fatto registrare il calo più importante di questo indicatore negli ultimi anni, hanno anche i livelli più alti di incidenza della spesa energetica sul fatturato. Sarebbero quindi questi i comparti produttivi in cui maggiore potrebbe essere l'interesse delle imprese verso l'adozione di soluzioni per l'efficienza energetica, dato che più importanti sarebbero i benefici ottenibili in caso di investimento. Anche il settore del vetro, seppur caratterizzato da livelli di marginalità molto alti in valore assoluto, ha visto contrarsi questo indicatore in modo pesante e presenta una delle più incidenti bollette energetiche. Non si possono tuttavia trascurare anche quei fattori in grado di ostacolare la realizzazione di interventi di efficienza energetica, anche in presenza di un importante interesse potenziale. Uno dei fattori che più ostacolano gli investimenti in soluzioni per l'efficienza energetica in impresa è rappresentato dalla percezione del livello di rischio ad essi associato, in particolare alla difficoltà di stimare con ragionevole livello di confidenza l'entità del risparmio realizzabile negli anni che costituisce il flusso di cassa positivo dell'investimento. In questo senso, la principale fonte di incertezza sul risparmio ottenibile è rappresentata dalla volatilità della produzione. Una maggiore volatilità dei volumi produttivi impatta negativamente sulla propensione all'investimento sia da parte delle imprese sia da parte degli operatori quali ESCo e istituti di credito. Tra i vari settori industriali, quelli della chimica, dell'alimentare, del tessile e della carta hanno dimostrato di riuscire a mantenere abbastanza costanti le produzioni anche in seguito alla crisi economica. A contrario, i settori dei prodotti per l'edilizia, della metallurgia, del vetro, della meccanica hanno registrato un crollo dei volumi di produzione del 20-30% rispetto ai livelli pre-crisi. Si può quindi concludere che quello della carta risulta essere il comparto, tra quelli ad alta attrattività potenziale degli investimenti in efficienza energetica, in cui si potrebbe registrare in Italia una maggiore disponibilità delle imprese a questo tipo di investimenti. I settori della metallurgia, del vetro, dei prodotti edili, nonostante presentino una maggiore propensione teorica agli investimenti in efficienza energetica, presentano una incostanza delle produzioni che limita l'effettiva disponibilità delle imprese ad intraprendere investimenti. Secondo le stime riportate nell'*Energy Efficiency Report* pubblicato dall'*Energy and Strategy Group* del Politecnico di Milano a dicembre 2013, l'applicazione delle sole tecnologie per l'efficienza energetica economicamente sostenibili (sulla base del tempo di *Pay-Back* al netto degli incentivi) avrebbe un impatto sui diversi settori industriali compreso tra il 3 e il 25% in termini di riduzione della bolletta energetica e compreso tra l'1 e il 27% in termini di aumento della marginalità.

1.6 Le principali barriere agli investimenti in efficienza energetica

Le principali "barriere" che limitano la diffusione degli interventi di efficienza energetica in ambito industriale coincidono con le criticità incontrate dai soggetti durante il processo decisionale riguardo gli interventi stessi. Esse sono essenzialmente raggruppabili in due macro-categorie: le barriere di natura economica e quelle di natura "culturale". Gli ostacoli di carattere "culturale" si riferiscono a difficoltà da parte del proponente l'investimento a convincere il *top management* sulla necessità di perseguire obiettivi di efficientamento energetico, difficoltà ad adeguare le procedure dell'ufficio acquisti rispetto all'acquisto di nuovi *asset* con l'inserimento di parametri legati al consumo energetico degli stessi, difficoltà a interagire con i reparti produttivi per giustificare modifiche al layout produttivo o "fermi macchina" legati a sostituzione di tecnologie che non siano giunte al loro naturale "fine vita". Le barriere di natura economica sono riassumibili in tempi di rientro giudicati spesso eccessivi per un tipo di investimento giudicato come secondario rispetto al "*core business*", difficoltà di accesso a capitale di finanziatori terzi, difficoltà di accesso al capitale proprio (dal momento che i budget per l'efficienza energetica sono destinati in maniera "residuale"). In merito alla problematica connessa con il tempo di rientro degli investimenti, spesso valori di *pay-back* di 2-3 anni sono giudicati non sostenibili dagli imprenditori che lamentano soprattutto la rischiosità degli investimenti stessi che costringe l'impresa a cautelarsi. Rischiosità che non è legata alla tecnologia in sé, quanto all'affidabilità della stima dei risparmi conseguibili che dipende essenzialmente dalla volatilità dei volumi produttivi, dalla variabile costo dell'energia e dall'accesso ai meccanismi incentivanti. In merito alla difficoltà di accesso agli strumenti incentivanti, per alcuni interventi, l'aggravio burocratico necessario a ottenere i TEE, la mancanza di trasparenza nei meccanismi e i lunghi tempi d'attesa hanno scoraggiato hanno scoraggiato potenziali adottatori. Per quanto riguarda la difficoltà nel reperimento di fonti di finanziamento, le banche al momento si rivelano essere piuttosto restie al finanziamento di interventi di efficienza energetica in quanto il rischio appena citato relativo alla "valorizzazione" nel tempo dell'energia risparmiata e al perdurare dei meccanismi di incentivazione ostacola la capacità di costruire piani di rientro sufficientemente "garantiti". Inoltre, nel caso del coinvolgimento diretto di una ESCo nell'intervento, essa spesso sconta carenze in termini di solidità patrimoniale e talvolta di capacità tecniche, che rappresentano una garanzia per il finanziatore.

1.7 Le Società di Servizi Energetici (ESCO)

1.7.1 Definizione di ESCo e certificazione secondo la normativa UNI CEI 11352

Nelle direttive dell'Unione Europea collegate all'efficienza energetica il ricorso ai servizi delle ESCo (*Energy Service Company*) è indicato come lo strumento più efficace per migliorare l'efficienza energetica e ridurre i consumi, in tutte quelle situazioni nelle quali l'utente finale non disponga di proprie risorse finanziarie o della competenza specifica per realizzare direttamente interventi di efficientamento. L'articolo 2 comma 1 del D.Lgs. 115/2008, che recepisce la Direttiva 2006/32/CE, fornisce la definizione di ESCo come "Persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti". L'obiettivo principale delle ESCo è quindi quello di promuovere lo sviluppo del mercato dei servizi energetici attraverso una procedura che assicuri un risparmio energetico garantito all'utente finale. La procedura di intervento usualmente include le seguenti fasi: diagnosi energetica, definizione del contratto, studio di fattibilità, progettazione, fornitura impianti e installazione, monitoraggio, esercizio e manutenzione. Secondo i dati riportati nei rapporti semestrali redatti dall'AEEG sull'andamento delle certificazioni dei risparmi effettuate nell'ambito del meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica, il mercato delle ESCo conta oggi oltre 2000 aziende accreditate presso l'AEEG anche se solo il 16% di queste risulta essere attivo nel meccanismo dei TEE. I decreti del 20 luglio 2004 individuano tra i soggetti che possono individuare e realizzare interventi di efficienza energetica le Società di Servizi Energetici ponendo l'accREDITAMENTO presso l'AEEG come unico requisito per poter presentare progetti finalizzati all'ottenimento di Certificati Bianchi. Fino ad oggi, quindi, per accedere al meccanismo dei TEE era

sufficiente che nello statuto della società fosse prevista la "fornitura di servizi energetici" senza che venisse richiesta alcuna esperienza preventiva nel campo dell'efficienza energetica. Dai rapporti AEEG emerge come la quasi totalità dei TEE venga emessa da parte di ESCo (per l'anno 2012 circa il 78%) nonostante solo una piccola parte di quelle accreditate risulti effettivamente "attiva". Ciò è dovuto al fatto che l'accreditamento come ESCo presso l'AEEG è utilizzato non tanto per accedere al meccanismo dei TEE quanto piuttosto per ottenere benefici di altra natura, quali ad esempio la partecipazione a gare e appalti pubblici per i quali tale iscrizione è indicata come requisito essenziale. Il DM del 28 dicembre 2012 introduce un'importante novità stabilendo che per accedere al meccanismo dei Certificati Bianchi viene richiesta alle ESCo la certificazione secondo la norma UNI CEI 11352 entro due anni dall'emanazione del decreto. Per ottenere tale certificazione una ESCo deve dimostrare di:

1. Offrire un "servizio di efficienza energetica", ossia finalizzato al conseguimento di un miglioramento dell'efficienza energetica di un sistema di domanda e consumo dell'energia. Tale servizio deve comprendere l'identificazione, la selezione, e l'implementazione di azioni e la verifica del miglioramento, per un periodo definito contrattualmente e tramite metodologie concordate.
2. Offrire un "servizio energetico integrato" conforme alla EN 15900, ossia che comprenda tutte le attività di diagnosi energetica, verifica della rispondenza degli impianti e delle attrezzature alla legislazione di riferimento, elaborazione di studi di fattibilità con analisi tecnico-economica e scelta delle soluzioni più vantaggiose, progettazione degli interventi da realizzare, realizzazione degli interventi di installazione, conduzione degli impianti garantendone la resa ottimale, manutenzione ordinaria, monitoraggio del sistema di domanda e consumo di energia, presentazione di adeguati rapporti periodici al cliente, supporto tecnico, gestione degli incentivi e delle pratiche burocratiche, attività di formazione e informazione dell'utente.
3. Offrire una "garanzia contrattuale" di miglioramento dell'efficienza energetica, con assunzione in proprio dei rischi tecnici e finanziari connessi con l'eventuale mancato raggiungimento degli obiettivi concordati.
4. Collegare la remunerazione dei servizi e delle attività fornite al miglioramento effettivo dell'efficienza energetica e ai risparmi conseguiti.

Appare evidente come, soprattutto gli ultimi due requisiti, siano particolarmente "stringenti" obbligando le ESCo a "legare" la propria attività a quella del cliente per un certo periodo di tempo, quello appunto necessario a che si manifestino i risparmi previsti e quindi si risolvano sia gli aspetti di rischio che di remunerazione oggetto dell'intervento. E' evidente tuttavia come sia proprio questa condivisione dei rischi e dei benefici a connotare la vera natura di una *Energy Service Company*. La suddetta certificazione porta indubbiamente alla ESCo una serie di benefici verso il mercato, come una migliore "immagine" presso i clienti e fornitori di tecnologie, migliori garanzie verso i finanziatori, la possibilità di accesso ad appalti e gare pubblici, la possibilità di accedere al meccanismo dei TEE. Una certa perplessità sulla "sostanza" della norma UNI CEI 11352 è stata manifestata dall'AEEG che sottolinea come sia possibile che una ESCo si certifichi dimostrando di essere "in teoria" in grado di erogare servizi conformemente a quanto previsto dalla norma, senza essere chiamata invece a darne evidenza. Sarebbe auspicabile una revisione della norma volta a un "irrigidimento" della certificazione, che sia basato sulla verifica degli interventi fatti. Ad oggi risultano aver ottenuto la certificazione 49 ESCo, rispetto alle circa 400 accreditate presso l'AEEG (FIRE, 2013). Tale numero è previsto in rapido aumento per effetto soprattutto del sopracitato vincolo introdotto per accedere al meccanismo dei TEE.

1.7.2 L'Energy Performance Contracting

La modalità contrattuale è uno degli aspetti più importanti per lo sviluppo del mercato dei servizi energetici. Nel contratto si definisce in pratica come viene suddiviso il risparmio ottenuto nella bolletta energetica del cliente e quale dei due soggetti dovrà accollarsi l'onere dell'investimento necessario per la realizzazione degli interventi. La modalità contrattuale più innovativa è l'*Energy Performance Contracting* (EPC) che può assumere diverse formulazioni anche se il principio comune su cui si basano è quello di suddividere il risparmio ottenuto tra il fornitore e il cliente, in modo che il

primo rientri dell'investimento sostenuto e il secondo possa ottenere da subito un beneficio economico. L'EPC è un contratto basato essenzialmente sul rendimento in termini di efficienza ottenuto dal sistema energetico interessato dall'intervento che forma l'oggetto del contratto stesso. In particolare la ESCo, attraverso una fase preliminare di studio e analisi del sistema energetico nella sua globalità, individua l'intervento più opportuno al fine del conseguimento dell'efficienza e fissa un certo margine di risparmio conseguibile. Il rapporto contrattuale vede poi la ESCo obbligata alla cura e al coordinamento di tutte le attività volte alla progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione dell'intervento individuato, attraverso l'assunzione su di sé del rischio tecnico e, a seconda delle diverse varianti, anche del rischio finanziario e della garanzia in senso tecnico-giuridico circa l'effettivo raggiungimento del livello di risultato ipotizzato. La peculiarità del meccanismo contrattuale descritto sta nel fatto che la ESCo viene remunerata sulla base dei risultati effettivi che il cliente consegue attraverso l'implementazione e l'ammodernamento della tecnologia, degli impianti e delle strutture esistenti. Con l'EPC la ESCo assume su di sé la responsabilità dell'individuazione, programmazione, progettazione e realizzazione di un'iniziativa che determina il miglioramento dell'efficienza energetica agganciando la remunerazione della propria attività al flusso di cassa dei risparmi realmente ottenuti nel corso di un certo arco temporale, durante il quale la ESCo cura di norma anche la gestione e manutenzione degli impianti. Nella grande maggioranza dei casi, poi, è la stessa Società di Servizi Energetici a finanziare l'iniziativa, recuperando nel tempo i costi dell'investimento utilizzando i proventi dell'operazione, con la conseguenza che la ESCo non ammortizza le spese sostenute se l'intervento realizzato non raggiunge il risparmio di energia stimato inizialmente. Ulteriori varianti possono prevedere la garanzia del risultato, che viene dunque a rappresentare un autonomo obbligo che la ESCo assume verso il cliente. L'EPC si attua, dunque, normalmente utilizzando e combinando il meccanismo del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). Solo di recente il legislatore italiano, recependo la già citata Direttiva CE/32/2006, attraverso il D.Lgs. 115/2008, ha introdotto (o meglio tradotto) le nozioni normative di contratto EPC e di FTT. L'EPC viene definito come *"accordo contrattuale tra il beneficiario e il fornitore riguardante una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, in cui i pagamenti a fronte degli investimenti in siffatta misura sono effettuati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente"*. La definizione normativa di FTT è invece *"accordo contrattuale che comprende un terzo, oltre al fornitore di energia e al beneficiario della misura di miglioramento dell'efficienza energetica, che fornisce i capitali per tale misura e addebita al beneficiario un canone pari a una parte del risparmio energetico conseguito avvalendosi della misura stessa. Il terzo può essere una ESCo"*. Dalle stesse definizioni legislative, emerge chiaramente come l'accordo di FTT venga in realtà a sovrapporsi a quelle stesse varianti dell'EPC in cui è la ESCo ad assumersi il rischio finanziario dell'intervento. In relazione alla ripartizione dei rischi, alla copertura del finanziamento e alla remunerazione della ESCo, gli interventi di prestazione energetica possono dar luogo alle seguenti tipologie di EPC:

1. Il *First Out*, in cui la ESCo fornisce essa stessa il capitale o ricorrendo a finanziatori terzi. Il risparmio energetico conseguito viene interamente utilizzato per ripagare il finanziamento dell'intervento e remunerare l'attività della ESCo. Il contratto solitamente ha una durata di 3-5 anni. Alla scadenza contrattuale il risparmio va interamente a favore del cliente che diventa proprietario degli impianti e delle opere eseguite. Con questo approccio la ESCo incamera il 100% dei risparmi realmente ottenuti fino alla scadenza contrattuale. Tutti i costi e i profitti sono dichiarati in anticipo e i risparmi sono impiegati innanzi tutto per la copertura completa di questi costi. La ESCo mantiene la proprietà dell'impianto fino alla scadenza del contratto, successivamente alla quale lo stesso si trasferisce nella titolarità del cliente. Nel grafico in Figura 1.2 si riporta un esempio di ripartizione dei risparmi nel caso di un contratto *First Out* della durata di 3 anni considerando una vita tecnica dell'intervento realizzato di 10 anni.

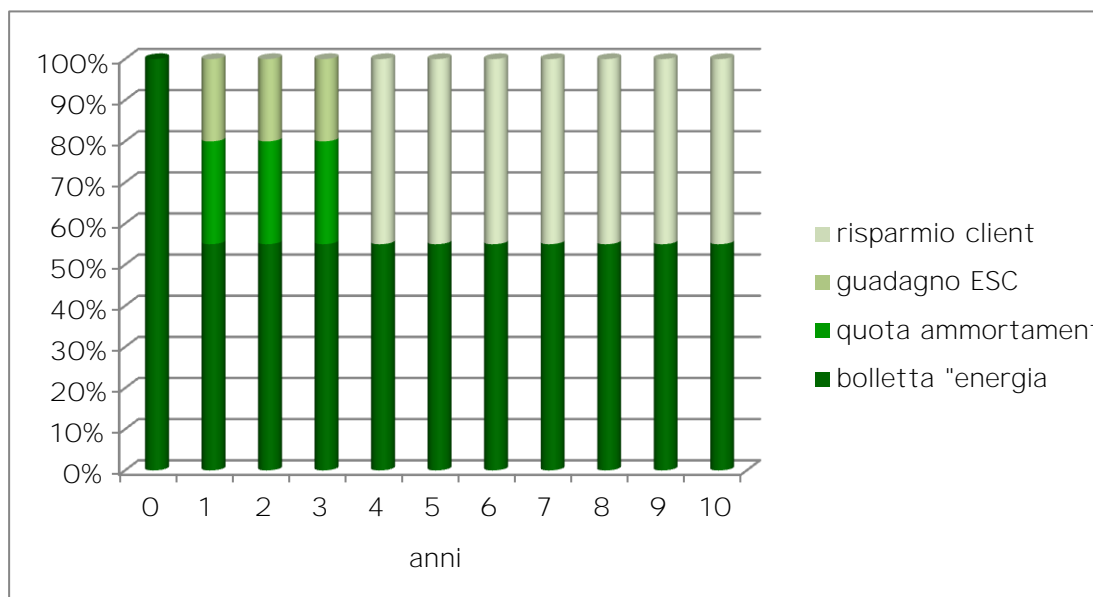


Fig. 1.2 - Esempio di *First Out* di durata 3 anni e vita tecnica 10 anni

2. Lo *Shared Savings*, in cui la ESCo fornisce il capitale con fonti proprie o ricorrendo a finanziatori terzi come nel modello precedente, ma le parti si accordano sulla suddivisione dei proventi del risparmio. I contratti hanno una durata di circa 5-10 anni in considerazione del fatto che soltanto una quota del risparmio contribuisce al recupero dell'investimento iniziale. Durante l'esecuzione del contratto la proprietà degli impianti e delle opere rimane in capo alla ESCo e alla scadenza contrattuale si trasferisce al cliente. In un contratto a risparmi condivisi, dunque, l'investimento viene rimborsato sulla base di un accordo, tra la ESCo e l'utente finale, di suddivisione della quota di risparmio determinato dallo studio di fattibilità. Come nel *First Out*, la ESCo oltre al rischio tecnico inerente alla *performance* a cui è legata la sua remunerazione, assume anche il rischio finanziario. Nel grafico in Figura 1.3 si riporta un esempio di ripartizione dei risparmi nel caso di un contratto *Shared Savings* della durata di 5 anni con suddivisione al 50%-50% tra ESCo e cliente del risparmio economico al netto dell'ammortamento, considerando una vita tecnica dell'intervento di 10 anni.

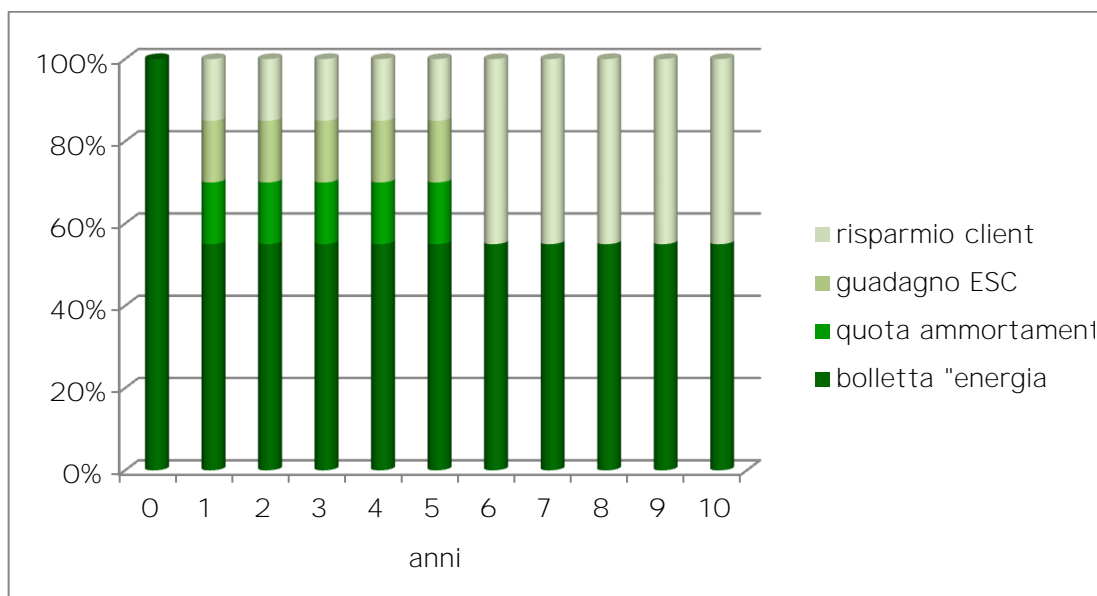


Fig. 1.3 - Esempio di *Shared Savings* 50-50 di durata 5 anni e vita tecnica 10 anni

3. Il *Guaranteed Savings*, in cui il soggetto finanziatore è un soggetto terzo diverso dalla ESCo e dal cliente ma è il cliente che sottoscrive il prestito, mentre la ESCo normalmente assume il ruolo di reperire ed organizzare il finanziamento, oltre a garantire un certo livello di rendimento in base al quale riceve il compenso dal cliente. Il contratto dura circa 4-8 anni. Secondo questa formula, dunque, la ESCo si impegna essenzialmente a garantire che i risparmi non siano inferiori ad un minimo concordato, stabilito sulla base dell'analisi di fattibilità. La garanzia del risparmio si esplica attraverso formule che prevedono un indennizzo a favore del cliente in caso di consumi maggiori rispetto a quelli garantiti; nel caso in cui, invece, si conseguano risparmi superiori a quelli attesi, questi andranno normalmente a beneficio del cliente. In questa formula contrattuale (la più diffusa negli Stati Uniti) il cliente finanzia la progettazione e l'installazione degli impianti oggetto dell'intervento assumendosi quindi il rischio di credito. Il prestito quindi grava sul bilancio del cliente, il ruolo della ESCo è quello di reperire il finanziamento assumendosi il rischio tecnico relativo alla riuscita della riqualificazione. Il cliente paga alla ESCo un canone con il quale remunera il servizio di gestione.
4. Un'altra forma di finanziamento degli interventi è quella del cosiddetto *Four Step* che parte dalla ottimizzazione della conduzione e manutenzione ordinaria (O&M: *Operation and Maintenance*) da cui si ottengono risparmi che permettono di finanziare interventi di efficientamento semplici e a basso costo che a loro volta producono dei risparmi con cui si finanziano misure di taglia media. I risparmi derivanti dalle tre fasi precedenti forniscono le risorse per le modifiche più impegnative e a più lungo tempo di ritorno.
5. Una tipologia di scarsissimo utilizzo in Italia è quella del *Pay from Savings*, un contratto del tipo *Guaranteed Savings* in cui le rate di rimborso del prestito, che il cliente deve alla banca, non sono fisse ma indicizzate agli effettivi risparmi conseguiti. In tale schema il piano di restituzione del debito dipende dal livello dei risparmi: più sono alti e più il periodo debitorio sarà breve.
6. Un altro modello è detto *Build-Own-Operate & Transfer* (BOOT): secondo tale modello la ESCo progetta, costruisce, finanzia, ha la proprietà e si occupa della conduzione del nuovo impianto per un certo periodo di tempo fissato, al termine del quale trasferisce la proprietà al cliente. Il contratto BOOT sta avendo una certa diffusione in Europa.
7. Il *First In* prevede che all'utente sia garantita una determinata riduzione della spesa storica sostenuta negli anni precedenti all'intervento (ad esempio il 5% dell'ultima bolletta energetica). Il risparmio economico conseguito per effetto dell'intervento effettuato dalla ESCo (responsabile degli impianti, di cui mantiene la proprietà e la gestione fino a fine contratto) viene introitato da quest'ultima per tutta la durata contrattuale che sarà fissata nel numero di anni necessari a coprire

l'investimento più il suo utile d'impresa. Naturalmente, i criteri per la valutazione del risparmio previsto e per la verifica del risparmio effettivamente conseguito, vengono contrattualmente definiti. Normalmente la durata di questi contratti è di 7-8 anni. Tale tipologia contrattuale consente all'utente di ottenere una serie di vantaggi, quali la preventiva conoscenza della spesa energetica da affrontare, la rateizzazione della spesa energetica in importi fissi mensili con eventuale conguaglio annuale, la riduzione dei costi amministrativi, il conseguimento di un risparmio energetico minimo garantito.

8. Secondo lo schema contrattuale dello *Chauffage*, il cliente affida la gestione dei propri impianti alla ESCo che provvede al pagamento delle bollette energetiche e delle fatture dei combustibili per tutta la durata del contratto, dietro il corrispettivo di un canone pari alla spesa energetica che il cliente affrontava prima del contratto meno uno sconto pattuito. In sostanza, l'utente affida a un terzo lo svolgimento di un'attività che prima svolgeva in proprio. Anche lo *Chauffage* presenta i connotati dell'EPC, essendo volto a garantire all'utente il conseguimento di una quota di risparmio ed essendo la remunerazione della ESCo rapportata all'efficienza energetica raggiunta. Di norma la durata dei contratti di questo tipo, che può giungere a 20-25 anni, è più lunga rispetto a quella degli altri modelli contrattuali, soprattutto al fine di consentire un adeguato tempo di recupero degli investimenti sugli impianti. Lo *Chauffage* è normalmente applicato ai servizi di climatizzazione, e nel caso sia rivolto alle Pubbliche Amministrazioni prende il nome di "Gestione Calore" o "Servizio Energia".

I vantaggi di queste tipologie di operazione sono essenzialmente: l'assenza di oneri finanziari per il cliente, il trasferimento della totalità dei rischi tecnici e finanziari in capo alla ESCo, la possibilità di fruire dell'esperienza e competenza specialistica che la ESCo offre nel settore dell'efficienza energetica. Gli aspetti critici, invece, si rinvengono fondamentalmente nella necessità di un'attenta valutazione del progetto ai fini della fissazione del termine di durata del contratto, nella necessità di una stima il più possibile realistica e precisa dei consumi di riferimento, nella complessità strutturale che il contratto in sé presenta, nella scarsa conoscenza dello strumento da parte della committenza e del sistema bancario, nel rischio di intempestività nell'attuazione dei diritti nell'eventuale fase patologica del rapporto per le stesse carenze strutturali nel nostro sistema giudiziario. In relazione ai vantaggi di cui si è detto, l'EPC si rivela comunque uno strumento particolarmente utile ed interessante per quei soggetti, pubblici o privati, che abbiano la necessità di effettuare ingenti interventi di miglioramento energetico, ma che siano sprovvisti dell'esperienza tecnica e dell'adeguata informazione sugli strumenti e tecnologie necessarie, e/o che non abbiano a propria disposizione sufficienti risorse finanziarie. Tuttavia deve considerarsi improprio affermare che gli interventi effettuati con l'EPC siano a costo zero per il cliente beneficiario. Se è vero, infatti, che le risorse finanziarie sono di regola approntate (in via diretta o indiretta) dalla ESCo, tuttavia il cliente, da un lato rinuncia a fare in proprio interventi di efficientamento energetico sugli impianti oggetto dell'EPC per tutta la durata dello stesso e, dall'altro, cede almeno parte dei risparmi futuri che divengono quindi il corrispettivo contrattuale. Dal punto di vista pratico, nell'ambito dell'EPC, alla ESCo fanno capo diversi compiti e responsabilità:

- L'assunzione del rischio tecnico e commerciale dell'operazione, connesso all'eventualità di un mancato risparmio energetico, a fronte della stipula di un contratto pluriennale in cui siano prefissate tariffe e prestazioni;
- L'eventuale indebitamento nei confronti delle istituzioni finanziarie per il reperimento del capitale necessario;
- La conduzione tecnica degli impianti e delle connesse attività di monitoraggio e manutenzione. Tali attività possono essere svolte con personale proprio o attraverso operatori esterni alla ESCo;
- L'acquisto nei confronti dei fornitori di tecnologie, attrezzature, opere edili, servizi di conduzione.

Le prestazioni specifiche della ESCo possono dipendere poi del modello contrattuale adottato nel singolo caso.

1.7.3 I principi vincenti del sistema ESCo

Come già descritto nei paragrafi precedenti, il settore dell'efficienza energetica in ambito industriale racchiude in sé un'enorme potenziale in termini di ricadute economiche ed ambientali sia a livello nazionale che europeo. La realizzazione di interventi di efficienza energetica nel settore industriale si scontra purtroppo con una serie di criticità (vedi paragrafo 1.6), tra cui le principali sono la difficoltà di accesso al credito, la ritrosità del mondo industriale, la difficoltà nella garanzia di continuità dell'attività produttiva, la complessità tecnica dell'individuazione delle soluzioni tecnologiche più adatte ai diversi processi produttivi. Così come riconosciuto dalla più recente legislazione europea e nazionale, le ESCo rappresentano uno strumento fondamentale per superare alcune di queste barriere e favorire il miglioramento dell'efficienza energetica del sistema industriale e dell'intera nazione. Per poter assolvere in maniera ottimale al proprio ruolo una ESCo deve rispondere a una serie di requisiti fondamentali che rappresentano i punti di forza del sistema di FTT stesso:

- **Indipendenza.** La ESCo non fornisce tecnologie ma le acquista. Essa deve essere legalmente finanziariamente indipendente da qualsiasi fornitore di materiali, manodopera e energia in quanto deve essere libera di scegliere la soluzione migliore e più conveniente per il cliente (o talvolta semplicemente soddisfare esplicite esigenze del cliente stesso).
- **Credibilità.** La ESCo deve stipulare il contratto EPC in maniera del tutto trasparente verso il cliente sia per quanto riguarda l'investimento iniziale, sia per quanto riguarda la stima e la misurazione dei risparmi conseguiti.
- **Capacità finanziaria.** Ogni ESCo deve avere una struttura finanziaria solida e avere un facile accesso al mercato dei capitali.
- **Capacità tecnica.** La ESCo deve essere in grado di individuare la soluzione tecnologica più conveniente e più adatta al singolo caso. Deve valutare il progetto, seguirne la realizzazione e monitorare i risultati. Il know-how e l'aggiornamento tecnico della ESCo è un requisito di primaria importanza soprattutto in ambito industriale a causa della diversificazione e complessità delle situazioni impiantistiche esistenti e delle tecnologie migliorative implementabili.

In ambito industriale, la possibilità di realizzare interventi di efficienza energetica attraverso le ESCo (mediante EPC) presenta una serie di vantaggi dal punto di vista del cliente (azienda):

- L'eliminazione (o forte riduzione) dei rischi finanziari poiché è la ESCo che si fa carico dell'investimento. Il cliente dovrà garantire una serie di condizioni operative necessarie al fine di conseguire il risparmio previsto: in primo luogo un certo livello minimo di attività produttiva.
- L'opportunità di realizzare interventi anche in mancanza di risorse finanziarie proprie e in presenza di difficoltà nel reperire finanziamenti esterni.
- Liberazione delle problematiche di gestione e manutenzione dell'impianto.
- Liberazione di risorse economiche e umane per altre attività.
- Possibilità di perseguire, congiuntamente al miglioramento energetico, un'ottimizzazione e rinnovamento dei processi produttivi secondo gli standard più recenti.
- possibilità di conseguire benefici ambientali. Una riduzione dei consumi energetici porta anche a una riduzione delle emissioni.

Per quanto detto, il sistema delle ESCo a livello nazionale ha visto negli ultimi anni una forte crescita e, nonostante non abbia raggiunto ancora la piena maturità, risulta avere un ruolo imprescindibile nella diffusione delle soluzioni tecnologiche ad alta efficienza nel sistema industriale nonché una posizione importante nel tessuto economico nazionale.

1.8 Le principali tecnologie per l'efficienza energetica nell'industria

Le soluzioni adottabili in ambito industriale per migliorare l'efficienza energetica possono essere raggruppate in due macro-categorie: le tecnologie "orizzontali" che non sono strettamente legate al processo produttivo e che sono largamente diffuse nei diversi settori industriali (motori elettrici ad alta efficienza, inverter, sistemi di compressione efficienti, impianti di illuminazione, ecc.), e gli interventi

che agiscono in maniera diretta sullo specifico processo di produzione. L'obiettivo di questo paragrafo è fornire un quadro generale dei "macro-ambiti" dei processi industriali su cui porre l'attenzione per ricercare possibilità di efficientamento energetico e delle principali tecnologie impiegabili per ognuno di essi. Uno schema di riferimento in tal senso è fornito dal documento emesso dalla Commissione Europea per l'implementazione del ECCP (*European Climate Change Programme*) sulle migliori tecnologie disponibili (BAT) per l'efficienza energetica intitolato "*Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*". All'interno del vasto panorama delle tecnologie utilizzabili per l'efficienza energetica, è interessante osservare la sostenibilità economica delle stesse che dipende essenzialmente dal costo di investimento che comportano e dal risparmio energetico che sono in grado di generare. Esistono infatti tecnologie che rientrano praticamente sempre nei canoni di accettabilità economica adottati dalle imprese (come gli inverter, il rifasamento dei carichi, gli interventi sui sistemi ad aria compressa, le tecnologie efficienti di illuminazione), tecnologie che presentano tempi di Pay-Back accettabili (inferiori a 2/3 anni) solo oltre determinati valori minimi di ore di funzionamento annue (come gli UPS ad alta efficienza, il controllo dinamico della pressione nei refrigeratori, la cogenerazione con turbina a gas o motore a combustione interna) e tecnologie che non riescono ad ottenere ancora livelli accettabili di Pay-Back in assenza di meccanismi di incentivazione (si tratta ad esempio dei motori elettrici ad alta efficienza, di sistemi di combustione ad alta efficienza, degli impianti ORC). In realtà considerando come indicatore il costo del kWh risparmiato, molti degli interventi giudicati al limite della accettabilità o non accettabili osservando il tempo di ritorno si rivelano interessanti; ed è proprio a queste tecnologie che si dovrebbe rivolgere l'attenzione degli operatori della filiera e dei *policy maker* con l'obiettivo, rispettivamente, di ridurre i costi di realizzazione e di garantire adeguati strumenti incentivanti.

Tabella 1.4 - Indicazione orientativa di Tempo di Pay-back e Costo del kWh risparmiato⁷ per alcune tecnologie per l'efficienza energetica in industria (Politecnico di Milano, 2012).

Tecnologia	Sostituzione tecnologia standard funzionante		Sostituzione tecnologia standard non funzionante	
	Pay-Back	Costo medio del kWh risparmiato/prodotto	Pay-Back	Costo medio del kWh risparmiato/prodotto
Sistemi ad aria compressa - recupero calore	0,37-1,5	0,002-0,01	0,37-1,5	0,002-0,01
Sistemi ad aria compressa - riduzione perdite	0,6-2,6	0,015-0,063	0,6-2,6	0,015-0,063
Inverter	0,4-1,7	0,006-0,023	0,4-1,7	0,006-0,023
Rifasamento carichi elettrici	0,4-1,9	0,002-0,009	0,4-1,9	0,002-0,009
Refrigerazione - controllo dinamico pressione	1,2-5,8	0,019-0,074	1,2-5,8	0,019-0,074
Cogenerazione - turbina a gas	3-10,7	0,041-0,062	3-10,7	0,041-0,062
Cogenerazione - turbina a vapore	4-16,2	0,047-0,073	4-16,2	0,047-0,073
Cogenerazione - motore a combustione interna	3,8-15	0,048-0,07	3,8-15	0,048-0,07
UPS ad alta efficienza	3,0-15	0,008-0,03	3,0-15	0,003-0,013
Motori elettrici ad alta efficienza	4,0-24	0,03-0,12	4,0-24	0,025-0,093
Sistemi efficienti di combustione - bruciatori rigenerativi	4,8-9,5	0,015-0,028	4,8-9,5	0,009-0,017
Sistemi efficienti di combustione - bruciatori auto-recuperativi	6,2-11,9	0,019-0,037	6,2-11,9	0,013-0,025
ORC	× 8 . 9	0,038-0,146	× 8 . 9	0,038-0,146

1.8.1 Combustione

Le perdite energetiche nei processi di combustione sono date da:

- Energia residua nei gas di scarico (dipende dalla temperatura, dall'eccesso d'aria utilizzato, dalla composizione del combustibile, dallo sporcamento del combustore);
- Energia chimica non sfruttata dovuta alla presenza di incombusti;
- Perdite di calore per conduzione e irraggiamento (dipendono dalla temperatura dei gas caldi e dal grado di coibentazione del sistema di combustione);
- Perdite per spurghi in caldaie a vapore.

L'aumento di efficienza nei processi di combustione può essere ottenuto seguendo diverse strade che mirano a ridurre una o più delle sopracitate fonti di perdita. Alcuni provvedimenti possibili sono, ad esempio, una scelta adeguata del combustibile, l'impiego dell'ossicombustione, il controllo

⁷ Nel caso di energia elettrica il Costo del kWh risparmiato va confrontato con il prezzo medio di c e s w k u v q " f g n n) g p g t i k c " g n g v v t k e c " k p f w u v t k c n g " c u u w Costo del kWh risparmiato va confrontato con il prezzo medio dell'energia termica per le industrie c u u w o k d k n g " r c t k " c " 2 . 2 6 9 " " p 1 m Y j 0 "

dell'eccesso d'aria in combustione mediante misura della concentrazione di ossigeno nei fumi, il miglioramento dell'isolamento termico dei dispositivi di combustione. Il calore perso con i gas di scarico è la fonte principale di inefficienza nei processi di combustione industriali, in cui si raggiungono elevate temperature. Per questo motivo, in ambito industriale, rilevanti aumenti di efficienza possono essere raggiunti con l'utilizzo di bruciatori auto-recuperativi e rigenerativi. Il principio alla base di entrambi questi dispositivi è quello di recuperare calore dai fumi caldi sfruttandolo per pre-riscaldare l'aria in ingresso alla camera di combustione. I bruciatori auto-recuperativi realizzano in maniera integrata il trasferimento di calore dai gas di scarico all'aria, possono essere impiegati in applicazioni con temperature attorno ai 700-1000°C permettendo un preriscaldamento dell'aria fino a un massimo di 550-600°C e consentono di raggiungere un risparmio di energia dell'ordine del 20-30%. I bruciatori auto-rigenerativi lavorano sempre in coppia e sfruttano il principio dell'accumulo termico su scala temporale ridotta mediante masse-rigeneranti ceramiche, possono essere utilizzati in applicazioni con temperatura compresa tra 800 e 1500° C permettendo un preriscaldamento dell'aria fino a 100-150° al di sotto della temperatura operativa di combustione e consentono di arrivare fino al 60% nel risparmio di combustibile. Tipicamente, la taglia massima dei dispositivi del primo tipo non supera i 400kW, mentre per la seconda tipologia si va anche oltre il MW. La sostituzione di bruciatori tradizionali funzionanti con bruciatori efficienti delle tipologie appena descritte presenta tempi di Pay-Back piuttosto elevati in assenza di incentivazione che, anche nel caso di elevati valori di ore di funzionamento annue, rimangono al di sopra dei 6 anni per i recuperativi e sopra i 5 anni per i rigenerativi. Adottando invece il Costo del kWh risparmiato come indicatore, entrambe le tecnologie risultano convenienti rispetto al *benchmark* di riferimento per la $r t q f w | k q p g " f k " g p g t i k c " v g t o k e c "$ e $Q_{pa} > Q_{temp}$ quando la temperatura di esercizio del forno sono inferiori ai 900-1000°C, spesso non si giustifica l'investimento dei sistemi di combustione efficienti analizzati e risulta più conveniente realizzare un recupero di calore centralizzato fatto a valle del forno per preriscaldare l'aria comburente con uno scambiatore fumi-aria o utilizzando un fluido intermedio.

1.8.2 Impiego di vapore

Il vapore è uno dei possibili vettori energetici per il trasporto di calore, assieme all'acqua e all'olio diatermico. I vantaggi del vapore sono la non-tossicità, la sicurezza, l'elevato calore specifico, il basso costo. Le misure di efficientamento nell'ambito dell'utilizzo del vapore si dividono tra quelle che agiscono sul sistema di generazione e quelle che intervengono sulla rete di distribuzione del vapore stesso. Le principali tecnologie impiegabili in questo senso sono: l'utilizzo di turbine a contropressione al posto di valvole di laminazione, il preriscaldamento dell'acqua di alimentazione del generatore di vapore mediante recupero di calore di scarto, ottimizzazione dei degasatori, ottimizzazione del sistema di distribuzione del vapore, coibentazione delle tubazioni, utilizzo di efficienti scaricatori di condensa, raccolta e riutilizzo delle condense, riutilizzo del vapore di flash, recupero di calore dal *blowdown*⁸ del generatore di vapore.

1.8.3 Recupero di calore

Nei processi industriali esistono innumerevoli casi in cui del calore viene dissipato sotto diverse forme e a diversi livelli di temperatura. Lo sfruttamento di tali flussi termici risulta ovviamente più semplice nei casi in cui si tratta di flussi liquidi o gassosi ed è tanto più vantaggioso quanto più elevato è il livello di temperatura di questi flussi. La modalità più semplice di sfruttamento calore di scarto è l'impiego diretto mediante uno scambiatore di calore per alimentare un'utenza termica: nel caso in cui i flussi disponibili siano molteplici e il processo produttivo presenti la richiesta di calore, è possibile valutare la possibilità di realizzare un'integrazione dei processi con strumenti quali la *Pinch Analysis*. Nel caso in cui il calore sia disponibile in entità e livello termico sufficienti, si presenta la possibilità

⁸ Liquido scaricato in modo continuo o periodico per rimuovere i sali e le impurità accumulate.

di sfruttarlo per la produzione di energia elettrica mediante impianti ORC; a tal proposito si rimanda alla specifica trattazione nel capitolo 7. Quando il calore di scarto è disponibile a bassa temperatura è possibile pensare di sfruttarlo per alimentare una pompa di calore per produrre energia termica a temperatura maggiore. Un'altra possibilità è la ricompressione meccanica del vapore (MVR), che permette di valorizzare vapore esausto da processi industriali (in particolare da concentrazione e distillazione di soluzioni liquide) comprimendolo e quindi condensandolo rendendo disponibile calore a temperatura maggiore, a spesa di un modesto contributo di energia elettrica per la compressione (circa il 5-10% del calore utile restituito).

1.8.4 Refrigerazione

La produzione di energia frigorifera è responsabile di circa il 10% del consumo elettrico nazionale associato all'industria (Politecnico di Milano, 2012). Essa comprende svariati ambiti di applicazione, tra cui il raffreddamento di prodotto (alimenti, materie plastiche, gomma, metalli), di processo (aria, fumi di combustione, superfici di lavorazione), di macchinari, degli ambienti, arrivando ad avere una primaria rilevanza in alcuni particolari settori come quello alimentare (in cui pesa per il 25% dei consumi elettrici). Nei sistemi tradizionali di refrigerazione, basati su cicli inversi a compressione di vapore, il compressore è in assoluto il responsabile della maggior parte del consumo globale (oltre il 60%). Gli interventi possibili per migliorare l'efficienza energetica nei sistemi di refrigerazione possono essere divisi tra quelli che implicano l'utilizzo di apparecchiature efficienti e quelli che riguardano principalmente l'impianto (quali la ri-progettazione del layout dell'impianto e l'utilizzo di sistemi di controllo per la corretta gestione del funzionamento dell'impianto stesso). Una delle strategie più interessanti è l'adozione di un sistema di controllo dinamico della pressione di condensazione che consiste nel regolare la pressione massima di ciclo (pressione di mandata del compressore) a seconda del carico a cui è sottoposto l'impianto e delle condizioni esterne. Questo si ottiene dotando il refrigeratore (anche già esistente) di alcuni strumenti quali sensori di pressione e temperatura, inverter sul ventilatore del condensatore ad aria, un software di gestione. Tale intervento permette di conseguire un risparmio energetico fino al 10-25% rispetto ai sistemi tradizionali in cui la pressione di condensazione viene mantenuta costante. L'applicazione della regolazione dinamica della pressione di condensazione su un impianto già esistente risulta economicamente conveniente in termini di tempo di rientro se le ore di funzionamento annue sono piuttosto consistenti (sopra le 4000 ore/anno). Altri accorgimenti mirati all'efficienza energetica sugli impianti di refrigerazione sono l'adozione di motori elettrici ad alta efficienza per i vari dispositivi coinvolti (compressore, pompe, ventilatori) e l'installazione di inverter sugli stessi, il recupero del calore dissipato, una manutenzione adeguata (pulizia dell'impianto e controllo del fluido refrigerante), una adeguata coibentazione dei locali refrigerati e delle reti di distribuzione. In generale, gli interventi di efficientamento riguardanti i sistemi di refrigerazione in ambito industriale sono caratterizzati da una buona sostenibilità economica, con tempi di rientro che possono risultare sostenibili anche senza incentivi (1,5-3,7).

1.8.5 Cogenerazione-trigenerazione

Tra le soluzioni impiegabili in industria per la riduzione della dipendenza dall'approvvigionamento di energia elettrica e combustibile, la cogenerazione (o CHP) permette di ottenere nel complesso una riduzione del consumo di combustibile nell'ordine del 25-30%. Infatti, è possibile raggiungere valori di rendimento totale fino al 80-85%, contro un rendimento tradizionale per la generazione separata pari al 40-50% per la produzione elettrica e 85-90% per la produzione termica. Le principali tecnologie per la cogenerazione sono i cicli combinati, gli impianti turbogas, gli impianti a vapore (a contropressione o spillamento), i motori a combustione interna (ciclo Diesel o ciclo Otto), gli ORC. Esistono poi una serie di tecnologie adatte alla micro-cogenerazione quali le microturbine a gas, i motori Stirling, le celle a combustibile. I vantaggi dell'impiego della cogenerazione sono il risparmio di energia primaria, le minori emissioni in atmosfera di gas serra e sostanze inquinanti, la riduzione delle perdite di trasmissione dell'energia elettrica. È importante ricordare che esistono una serie di requisiti necessari affinché la scelta di un impianto cogenerativo risulti economicamente ed

energeticamente conveniente, quali la presenza e vicinanza dell'utenza termica, la contemporaneità della richiesta termica ed elettrica, la compatibilità della temperatura richiesta dall'utenza termica con quella del calore messo a disposizione dall'impianto, la compatibilità della fluttuazione del carico termico ed elettrico con la flessibilità dell'impianto. La cogenerazione da impianti a vapore si limita per lo più ad applicazioni industriali in cui sarebbe comunque necessario produrre in maniera continuativa vapore per finalità tecnologiche (ad esempio industria cartaria, chimica, alimentare). Impianti di questo tipo sono sempre dell'ordine delle decine di MW e comunque di taglia superiore ai 2 MW e vengono tipicamente utilizzati laddove la produzione di energia termica viene privilegiata rispetto alla produzione elettrica, dal momento che presentano rendimenti elettrici che non superano il 15% rendendo quindi disponibile circa il 60-70% dell'energia primaria del combustibile come calore. Nonostante l'elevato costo di questo tipo di impianti, considerando un funzionamento altamente continuativo nell'arco dell'anno (oltre le 7000 ore/anno) è possibile ottenere tempi di rientro dell'investimento inferiori ai 3-4 anni anche per taglie di qualche MW (tenendo conto che nel caso della cogenerazione le imprese sono disposte ad accettare tempi di Pay-Back più alti rispetto alla normale soglia di 2-3 anni). Per quanto riguarda gli impianti Turbogas di tipo cogenerativo, hanno generalmente taglia superiore a 1MW (elettrico) e mettono a disposizione calore nei fumi ad elevata temperatura. Questi impianti si prestano a processi industriali che presentano assorbimenti termici confrontabili con quelli elettrici e carico molto poco variabile, come ad esempio l'industria ceramica, cartaria, petrolchimica, siderurgica. Nel caso di ciclo combinato invece, l'energia elettrica generata è ben maggiore rispetto al semplice Turbogas cogenerativo raggiungendo rendimenti elettrici prossimi al 60%. Anche per queste ultime due tecnologie, un funzionamento altamente continuo nell'arco dell'anno è un requisito fondamentale per raggiungere tempi di rientro dell'investimento accettabili. I motori a combustione interna si prestano alla cogenerazione in un campo di potenze piuttosto ampio che va da decine di kW a qualche MW. I principali vantaggi di questa tecnologia sono l'elevato grado di maturità, l'affidabilità, i rendimenti elettrici elevati (superiori al 35% già per taglie attorno a 1MW), i costi di investimento contenuti. Grazie al fatto di rendere disponibile l'energia termica a differenti livelli di temperatura, questi impianti sono particolarmente indicati per quelle utenze che necessitano di energia termica per processo ad alta temperatura e/o per condizionamento ambientale o altri usi a bassa temperatura. Un'altra peculiarità di questi impianti è quella di essere in grado di seguire senza eccessive difficoltà e perdite di efficienza le variazioni di carico e di poter funzionare in maniera discontinua con fermate e ripartenze anche improvvise. I settori di impiego sono molteplici: industria farmaceutica, alimentare, lattiero-casearia, della plastica, tessile, chimica, siderurgica, e altre. I tempi di rientro dell'investimento di installazione di un motore a combustione interna cogenerativo, risultano interessanti solo per funzionamento maggiore alle 7000 ore/anno, anche se positivi valori del costo del kWh risparmiato evidenziano una convenienza economica positiva sull'intera vita utile dell'impianto. Per quanto riguarda la piccola e micro-cogenerazione (tra i 50 kW_e e 1MW_e), le tecnologie disponibili quali le microturbine a gas, i motori Stirling, le celle a combustibile, presentano ancora elevati costi specifici e scarsa maturità tecnologica che ne stanno rallentando la diffusione sul mercato.

1.8.6 Alimentazione elettrica

Nell'ambito del sistema di alimentazione elettrica di un'utenza industriale sono essenzialmente due gli interventi di efficientamento energetico applicabili: il rifasamento dei carichi e l'utilizzo di UPS ad alta efficienza. Tutte le apparecchiature in un impianto industriale che funzionano creando campi magnetici (quali motori elettrici, trasformatori, saldatrici, forni a induzione) presentano una caratteristica ohmico-induttiva del carico, cioè tendono ad abbassare il fattore di potenza⁹ ($\cos \phi$) con cui l'utenza viene vista dalla rete. Un carico con basso $\cos \phi$ richiede una maggiore potenza reattiva che deve venire continuamente scambiata tra generatore e carico senza produrre lavoro utile, pertanto gli impianti di generazione e le linee elettriche devono necessariamente gestire una corrente maggiore a parità di potenza attiva. I risultati di ciò sono la necessità di sovradimensionare tutte le

⁹ Il fattore di potenza di un carico elettrico è definito come rapporto tra potenza attiva e potenza reattiva assorbita.

apparecchiature di alimentazione (maggiori costi di investimento) e l'aumento delle perdite di trasmissione (maggiori costi di gestione). Il rifasamento consiste nel introdurre nel sistema dispositivi capaci di erogare potenza reattiva, cioè carichi di tipo capacitivo, in grado di alzare il $\cos \phi$ e ridurre l'esigenza di prelevare dalla rete potenza reattiva. Esso può essere eseguito inserendo in parallelo a monte del carico motori sincroni sovraeccitati o condensatori statici. Il corretto rifasamento di un impianto elettrico assicura vantaggi sia tecnici che economici: evitare le penali applicate dai distributori di energia agli utenti con basso $\cos \phi$, ottimizzare il dimensionamento di impianti nuovi, recuperare capacità senza aumentare le prestazioni di impianti già installati, ridurre le cadute di tensione in linea, ridurre le perdite per effetto Joule nei trasformatori e nei cavi. Il rifasamento può essere realizzato secondo diverse modalità a seconda delle caratteristiche ed esigenze dell'impianto: rifasamento centralizzato a potenza fissa, rifasamento centralizzato a potenza modulata, rifasamento distribuito. Quest'ultima tecnica permette di conseguire i massimi benefici, in quanto ad ogni carico è associato un condensatore che genera la potenza reattiva richiesta evitando che ci siano correnti reattive in circolazione in alcuna parte dell'impianto. Soluzioni di compromesso in termini di efficienza-costo sono il rifasamento per gruppi e quello misto. L'intervento di rifasamento dei carichi elettrici risulta ampiamente conveniente, sia nel caso di sistema centralizzato che distribuito, con tempi di ritorno quasi sempre inferiori ai 2 anni, con l'unica eccezione del rifasamento distribuito di un'utenza di piccola taglia. Gli UPS (*Uninterruptible Power Supply*), noti anche come gruppi di continuità, sono apparecchiature elettriche la cui funzionalità consiste nel garantire il mantenimento del servizio di alimentazione dell'utenza in caso di sospensione dell'alimentazione di rete e la qualità dell'alimentazione stessa, proteggendo i carichi sensibili da disturbi quali interruzioni e micro-interruzioni, buchi di tensione, variazioni di tensione, armoniche. Le applicazioni degli UPS sono le più svariate, in ambito industriale fanno riferimento principalmente ai sistemi di controllo e monitoraggio delle linee di produzione la cui mancata alimentazione può causare danni alle linee stesse o ai prodotti stessi. Alcuni dei settori particolarmente sensibili a queste problematiche sono l'alimentare, l'automobilistico, il meccanico, il chimico, il tessile. I gruppi di continuità sono costituiti da un raddrizzatore, un set di batterie e un inverter, cui si possono aggiungere apparecchiature supplementari come ad esempio un generatore elettrico. L'evoluzione tecnologica dei componenti ha permesso una sensibile riduzione del consumo energetico degli UPS, che ha un impatto non trascurabile quando questi funzionano per un numero elevato di ore all'anno. Parlare di UPS ad alta efficienza significa riferirsi a un dispositivo che adotta inverter a più livelli, impiega la soluzione *transformerless* che riduce le perdite magnetiche, adotta uno stadio di ingresso ad assorbimento sinusoidale che permette di ridurre le armoniche di corrente evitando di usare dispositivi aggiuntivi, lavora con alte tensioni interne riducendo le correnti in gioco e gli stadi di conversione. Il consumo elettrico attribuibile agli UPS rappresenta sicuramente una porzione poco rilevante del consumo elettrico italiano del settore industriale, motivo per cui l'efficienza energetica del dispositivo rappresenta ancora un elemento secondario rispetto alla sua affidabilità. La sostituzione di un UPS funzionante con uno ad alta efficienza non risulta economicamente giustificata se si considera il tempo di *Pay-Back* dell'investimento al netto degli incentivi (sempre superiore a 3 anni), tranne che nei casi di macchine di grossa taglia che funzionano per molte ore l'anno, e anche tenendo conto degli incentivi rimane al limite delle soglie di accettabilità. Al contrario, nel caso di nuovo acquisto o sostituzione forzata a fine vita, la scelta di un sistema energeticamente performante risulta generalmente premiante.

1.8.7 Azionamenti elettrici

Nell'ambito degli azionamenti elettrici le due soluzioni regine per l'aumento dell'efficienza energetica sono l'installazione di motori elettrici ad alta efficienza e l'impiego di regolatori elettronici di frequenza (*inverter*). Allo stato attuale, la sostituzione volontaria di un motore elettrico esistente con uno della massima efficienza non risulta ancora economicamente sostenibile in assenza di incentivazione e, anche considerando il contributo dei TEE, si raggiungono valori accettabili di tempo di rientro solo per dispositivi caratterizzati da un numero molto elevato di ore di funzionamento annue. Al contrario, l'adozione di sistemi di regolazione elettronica della velocità risulta praticamente sempre sostenibile economicamente anche in assenza di incentivazione. Per un'analisi approfondita di questi due interventi si rimanda ai capitoli 4 e 5. Altri possibili accorgimenti adottabili per ridurre i consumi

energetici in questo ambito sono: un corretto dimensionamento dei motori elettrici, il collegamento diretto del motore al carico quando possibile, l'impiego di organi di trasmissione efficienti (quali ad esempio cinghie dentate al posto di cinghie dentate tradizionali), l'adeguata manutenzione e lubrificazione dei sistemi.

1.8.8 Aria compressa

In ambito industriale, il problema della corretta gestione del vettore aria compressa è molto rilevante, poiché circa l'11% dei consumi elettrici delle imprese è ascrivibile ad essa e talvolta il consumo di energia associato al sistema ad aria compressa può arrivare a rappresentare più del 30% del fabbisogno elettrico di un'industria (come nel caso della produzione di polistirolo espanso e di bottiglie in PET). L'aria compressa è utilizzata in una moltitudine di processi industriali sia per usi di processo che di servizio, con applicazioni che vanno dall'utilizzo in specifiche lavorazioni (quali utensili per lavorazioni meccaniche, verniciature, etc.) a utilizzi meno appropriati alla luce del suo costo notevole (quali la pulizia o il raffrescamento). Un sistema ad aria compressa è composto essenzialmente da:

- Una macchina di compressione di cui fanno parte il motore elettrico, il compressore, il sistema di raffreddamento, la centralina, la trasmissione;
- Un serbatoio che ha la funzione di disaccoppiare la produzione dell'aria compressa dal suo prelievo, consolidare la pressione, far fronte ai picchi di domanda, permettere lo spurgo di eventuali condense;
- Un sistema di trattamento dell'aria composto dall'essiccatore e da eventuali filtri;
- La rete di distribuzione;
- I terminali d'utenza.

Per comprendere l'importanza del risparmio sulla componente energetica necessaria al funzionamento di un sistema ad aria compressa, basti pensare che mediamente circa il 75% del *Total Cost of Ownership* è dovuto al consumo di energia, mentre la restante parte si ripartisce abbastanza equamente tra costi di investimento e installazione e costi di manutenzione (Politecnico di Milano, 2012). Una prima tipologia di intervento finalizzato a migliorare le prestazioni energetiche dei sistemi ad aria compressa fa riferimento all'ottimizzazione delle utenze; in particolare per applicazioni di pulizia o raffrescamento è opportuno valutare la sostituzione dell'aria compressa con una soluzione meno costosa. Un altro intervento molto promettente, che permette in media un risparmio energetico pari a circa il 20% del consumo elettrico del compressore, fa riferimento alla riduzione delle perdite d'aria che possono essere presenti nella rete di distribuzione o a livello delle utenze. La ricerca delle perdite viene effettuata tramite procedure standard e garantisce tempi di ritorno molto rapidi (anche inferiori all'anno) grazie al costo di investimento contenuto. Una terza possibilità piuttosto promettente riguarda il recupero di calore dal compressore mediante scambiatore ad acqua (soluzione più comune che permette di produrre acqua calda fino a 200°C per i compressori volumetrici e attorno ai 70°C per compressori centrifughi) o ad aria (applicato principalmente a compressori di piccola taglia). Anche in questo caso la spesa necessaria all'intervento è abbastanza contenuta rispetto al risparmio conseguibile, pertanto i tempi di *Pay-Back* dell'investimento risultano inferiori a 2 anni anche per compressori che lavorano per meno di 2000 ore l'anno. Un'altra possibile soluzione fa riferimento all'ottimizzazione degli impianti esistenti, che tipicamente riguarda i livelli di pressione e portata del sistema ma in alcuni casi anche il layout dell'impianto. Gli impianti che adottano compressori a vite non dotati di inverter (che quindi non sono in grado di parzializzare la portata) si prestano all'installazione di serbatoi a valle del compressore stesso: un dimensionamento corretto dell'accumulo in base alle esigenze dell'impianto consente notevoli risparmi energetici rispetto al tradizionale sovradimensionamento eccessivo. Negli impianti di grossa taglia si può procedere all'installazione di serbatoi lungo l'impianto al fine di stabilizzare la pressione di rete e consentire una riduzione della pressione nominale di lavoro dei compressori e di conseguenza una riduzione del consumo energetico stesso (la riduzione di 1 bar della pressione di esercizio porta mediamente un risparmio energetico del 5%). Quest'ultima tipologia di soluzione, presentando costi di investimento abbastanza consistenti permette di ottenere tempi di *Pay-Back* inferiori a 2 anni anche per impianti che lavora per più di 4000 ore l'anno. Altre possibili soluzioni di efficientamento sono l'adozione di

sistemi di controllo avanzati per la gestione del funzionamento dell'impianto, la sostituzione dei compressori stessi, l'installazione di inverter sui motori elettrici che li azionano. In generale gli interventi di miglioramento energetico realizzabili sugli impianti ad aria compressa risultano tra i più convenienti nell'ambito industriale, presentando tempi di Pay-Back decisamente ridotti anche in assenza di incentivazione (0,5-1,5 anni).

1.8.9 Sistemi di pompaggio

Mediamente le pompe sono decisamente sovradimensionate rispetto alla reale richiesta del carico con la conseguenza di uno spreco in termini di costo di investimento e di consumo energetico in funzionamento. Nel caso di pompe sovradimensionate, è possibile considerare la sostituzione con pompe della esatta taglia e la soluzione molto più economica di tagliare o cambiare la sola girante. Un altro intervento per ridurre i consumi di pompaggio riguarda l'ottimizzazione del circuito idraulico in modo da ridurre le perdite di carico che la pompa stessa deve vincere. Altri interventi fondamentali di efficientamento dei sistemi di pompaggio sono anche l'installazione di inverter e l'adozione di motori elettrici ad alta efficienza, di cui si parla ampiamente ai capitoli 4 e 5.

1.8.10 Riscaldamento, raffrescamento e ventilazione degli ambienti

Anche a livello industriale, i consumi energetici per la climatizzazione degli ambienti possono essere talvolta considerevoli rispetto ai totali fabbisogni. In questo ambito è possibile ottenere risparmi energetici anzitutto riducendo i fabbisogni di energia termica e frigorifera: miglioramento dell'isolamento edilizio, riduzione delle infiltrazioni d'aria esterna, chiusura automatica delle porte, riduzione della stratificazione, abbassamento della temperatura operativa. In secondo luogo è possibile agire per migliorare l'efficienza degli impianti di climatizzazione: recupero di calore, utilizzo delle pompe di calore, terminali d'impianto radiativi concentrati sulle sole zone occupate degli stabilimenti. Nell'ambito della ventilazione ambientale è possibile migliorare l'efficienza energetica adottando dei sistemi di controllo della stessa basati sulla misura delle concentrazioni di inquinanti, eseguendo un corretto dimensionamento dei ventilatori, installando motori elettrici ad alta efficienza, attuando una regolazione di portata mediante inverter sul motore elettrico, ottimizzando i sistemi di ventilazione considerando la possibilità di dividerli in più sottosistemi separati. Un'altra possibilità da tenere in considerazione sia per il raffrescamento di processo che per il condizionamento dell'aria è il *free-cooling* che consiste nello sfruttare l'aria esterna quando la sua temperatura è sufficientemente bassa.

1.8.11 Illuminazione

L'illuminazione industriale, sia dei capannoni e dei magazzini, sia degli uffici, non è in genere oggetto di particolari attenzioni da parte dei tecnici interni o esterni all'azienda, pur rappresentando spesso un'uscita economica importante. L'incidenza dei consumi per l'illuminazione sui consumi elettrici dell'intero settore industriale è pari a circa l'8%. I margini di miglioramento dell'efficienza energetica derivanti da una gestione integrata dei sistemi di illuminazione dotati di tecnologie innovative sono tuttavia rilevanti, e la disponibilità sul mercato di prodotti innovativi ed efficienti unita al costo elevato dell'energia elettrica ha convinto molte aziende a intervenire. Gli interventi consistono essenzialmente in: adozione di dispositivi per la regolazione e il controllo del flusso luminoso (in base a criteri quali la presenza di utilizzatori, la disponibilità di luce naturale, la temporizzazione) e adozione di lampade ad alta efficienza (lampade al sodio a bassa pressione, a sodio ad alta pressione, a led). Grazie al limitato investimento iniziale richiesto, gli interventi di efficientamento dei sistemi di illuminazione in ambito industriale presentano solitamente un'ottima sostenibilità economica con tempi di Pay-Back inferiori a 1 anno anche in assenza di strumenti incentivanti.

1.8.12 Processi di essiccazione, separazione, concentrazione

Alcuni tra i processi industriali largamente diffusi caratterizzati da consumi energetici molto elevati e quindi da consistenti potenzialità di riduzione dei consumi sono quelli di essiccamento, evaporazione, distillazione. La distillazione serve essenzialmente per separare miscele costituite da componenti con punti di ebollizione differenti. Alcuni possibili interventi migliorativi applicabili a questo processo sono: il miglioramento dell'integrazione termica tra i componenti del sistema (reattore, colonna di distillazione, bollitore), l'utilizzo di piatti di distillazione più efficienti, l'utilizzo di tecnologie di separazione diverse dalla distillazione (come l'evaporazione combinata con la tecnologia delle membrane). Il processo di evaporazione si utilizza quando si richiede di concentrare una soluzione eliminando il solvente. Possibili interventi di efficientamento del processo sono: la riduzione della quantità di solvente da evaporare tramite una prima fase di separazione mediante membrane, il recupero di calore a bassa temperatura mediante condensazione del vapore di solvente, l'utilizzo di evaporatori multistadio, la ricompressione meccanica del vapore. Anche i processi di essiccazione sono caratterizzati da elevati consumi energetici; questi sono realizzati con sistemi che trasferiscono il calore per convezione, conduzione o irraggiamento o mediante una combinazione di questi. Nei processi di essiccazione esistono innumerevoli soluzioni ad hoc mirate a migliorare l'efficienza energetica del processo; in generale tra gli interventi applicabili vale la pena ricordare l'adozione di sistemi di controllo e regolazione automatici del processo di essiccazione, il miglioramento della coibentazione termica, il recupero termico del calore di scarto. Nel caso di essiccazione ad aria calda il recupero termico può essere fatto per via diretta per preriscaldare l'aria in ingresso al bruciatore o preriscaldare i prodotti stessi in ingresso. Nel caso di essiccazione a vapore surriscaldato, il recupero termico può avvenire per via indiretta mediante ricompressione meccanica del vapore esausto (MVR). La ricompressione meccanica del vapore per l'essiccazione è ancora pochissimo diffusa mentre è applicata più largamente ai processi di concentrazione: con tale tecnica è possibile recuperare il calore latente contenuto nel vapore esausto con una modesta spesa energetica dovuta al lavoro di compressione. Una volta compresso il vapore esausto, esso può condensare a una pressione più elevata di quella di processo, rendendo disponibile calore utilizzabile per il processo di concentrazione stesso: in questo modo, una volta innescato, il processo si autosostiene, senza consumo di vapore vivo da caldaia e senza la necessità di acqua di raffreddamento. In termini di consumo specifico di energia primaria nei processi di concentrazione, la MVR presenta valori dell'ordine di 78-235 kJ/kg di acqua prodotta contro i circa 850 kJ/kg della tecnologia a multipli effetti che rappresenta attualmente la "media di mercato" (Joint Research Centre ECCP, 2009). Il potenziale di risparmio conseguibile con l'adozione di questi sistemi appare ancor più consistente se si considera che in realtà esistono ancora molti casi in cui non si ricorre ai multipli effetti (dove il vapore generato in caldaia viene somministrato al primo stadio mentre gli effetti successivi, a pressione via via decrescente, vengono alimentati con il vapore di processo liberato dallo stadio precedente) ma si applica la pressione atmosferica alimentando l'intero processo con vapore vivo di caldaia. I settori industriali di maggior interesse per l'applicazione della ricompressione meccanica del vapore sono il caseario, il farmaceutico, il saccarifero, il birrario, le distillerie, il conserviero, il cartario, il chimico, il tessile, il settore del trattamento delle acque reflue.

CAPITOLO 2

Il meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica

2.1 I Titoli di Efficienza Energetica o Certificati Bianchi

I Titoli di Efficienza Energetica (TEE) sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi energetici negli usi finali attraverso interventi e progetti di incremento dell'efficienza energetica. Il sistema dei Certificati Bianchi è stato introdotto nella legislazione italiana dai Decreti Ministeriali del 20 luglio 2004 e prevede che i distributori di energia elettrica e gas naturale raggiungano annualmente determinati obiettivi quantitativi di risparmio di energia primaria. Un TEE equivale a 1 tep¹⁰ di energia primaria risparmiata. Le aziende distributrici di energia elettrica e gas ("soggetti obbligati") possono assolvere al proprio obbligo realizzando progetti di efficienza energetica che diano diritto ai certificati bianchi oppure acquistando i TEE da altri soggetti sul mercato dedicato organizzato dal GME. Possono accedere al meccanismo individuando, realizzando e ottenendo TEE anche una serie di "soggetti volontari" quali le Società di Servizi Energetici (ESCo), le aziende che hanno nominato un *Energy Manager*, i piccoli distributori di energia elettrica e gas che non sono soggetti all'obbligo. La novità importante introdotta con questo sistema di incentivazione sta nel far convivere lo spirito dell'obbligo con l'iniziativa volontaria: mentre la legislazione incentivante precedente si basava su interventi proposti dall'utente finale su base volontaria realizzati nella speranza di accedere al contributo economico, ora alcuni soggetti sono obbligati a raggiungere obiettivi di risparmio energetico operando in prima persona o accedendo ai risparmi conseguiti da altri soggetti su base volontaria. Prima di descrivere gli elementi del sistema è opportuno sottolineare che la normativa prevede che gli obiettivi di risparmio energetico devono essere raggiunti con l'adozione di tecnologie all'avanguardia tramite azioni di: miglioramento dell'efficienza energetica negli usi finali, contenimento delle perdite di energia, impiego di fonti rinnovabili. Pertanto viene escluso che mediante i TEE si possano incentivare: repliche di impianti giunti al termine della vita utile, correzioni di errori di progettazione, interventi di adeguamento a normativa.

2.1.1 La normativa in merito

Alla base del meccanismo dei Certificati Bianchi ci sono i cosiddetti "Decreti Gemelli" del 24 aprile 2001 emessi dal Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato di concerto con il Ministero dell'Ambiente, che definiscono un nuovo approccio normativo tendente all'incremento dell'efficienza energetica sul territorio nazionale. Sono stati però i D.M. del 20 luglio 2004 "elettrico e gas" ad avviare concretamente il sistema dei TEE. A questi hanno fatto seguito il D.M 21 dicembre 2007, il D.Lgs. 3 marzo 2011, il D.M. 28 dicembre 2012 che hanno apportato alcune importanti modifiche. Nel definire le regole "tecniche" di funzionamento dell'apparato ha avuto un ruolo fondamentale l'AEEG con una serie di delibere tra cui:

- 103/03, EEN 9/11 (linee guida di funzionamento del meccanismo);
- 4/06, GOP 26/09, 449/2012/A (delega di attività a ENEA e RSE);
- EEN 3/08 (coefficiente conversione kWh elettrici in tep);
- EEN 4/11, 9/10, 2/10, 177/05, 70/05, 111/04, 234/02 (schede tecniche per la valutazione dei risparmi);
- EEN 16/10, 21/09, 36/08, 345/07, 219/04 (contributo tariffario).

¹⁰ 1 tep (tonnellata equivalente di petrolio) equivale a 10⁷ kcal o 4,186*10⁷ kJ.

2.1.2 L'articolazione generale del sistema

I capisaldi dell'intero sistema possono essere sintetizzati come segue:

- L'attività di gestione, valutazione, certificazione dei risparmi correlati a progetti di efficienza energetica condotti nell'ambito del meccanismo dei Certificati Bianchi è in mano al GSE (novità introdotta dal D.M. 28 dicembre 2012: fino al 3 febbraio 2013 la gestione era affidata all'AEEG);
- Il miglioramento dell'efficienza energetica è realizzato presso gli utenti finali;
- Sono stabiliti obiettivi nazionali di incremento dell'efficienza energetica;
- I grandi distributori di gas e energia elettrica sono i soggetti obbligati al raggiungimento dei sopracitati obiettivi;
- Il miglioramento dell'efficienza energetica viene certificato tramite l'emissione da parte del Gestore dei Mercati Energetici (GME) di Titoli di Efficienza Energetica;
- Ogni TEE corrisponde a 1 tep di energia primaria risparmiata a seguito di interventi di efficientamento realizzati dai soggetti obbligati o da soggetti volontari che possono partecipare al meccanismo;
- Le proposte per l'ottenimento dei TEE sono sottoposte a un'istruttoria tecnico-amministrativa condotta dall'ENEA¹¹;
- Esiste un mercato dei suddetti titoli in base a contrattazioni bilaterali e accesso alla borsa dei TEE;
- E' previsto un contributo tariffario a favore delle aziende di distribuzione obbligate, a parziale copertura dei costi da sostenere per il raggiungimento degli obiettivi;
- Vengono applicate sanzioni a carico dei soggetti obbligati in caso di inadempienza.

2.1.3 I soggetti obbligati

Il cuore del meccanismo consiste nella responsabilizzazione di attori particolari, le aziende distributrici di gas e/o energia elettrica, le quali si vedono assegnato un obiettivo di risparmio di energia primaria da conseguire mediante interventi di miglioramento dell'efficienza energetica presso gli utenti finali. In particolare sono soggetti all'obbligo i distributori aventi più di 50.000 clienti (nuova soglia introdotta dal D.M. 28 dicembre 2012 che abbassa la soglia di 100.000 prevista dai D.M. 20 luglio 2004). Gli obiettivi nazionali annuali di risparmio energetico da conseguire fino al 2012 erano fissati dai D.M. 20 luglio 2004 mentre per il quadriennio 2013-2016 sono stati fissati dal D.M. 28 dicembre 2012 rispettivamente pari a 4,6 Mtep per il 2013, 6,2 per il 2014, 6,6 per il 2015, 7,6 per il 2016. L'obiettivo annuale che deve essere raggiunto dal singolo distributore si ottiene pesando l'obiettivo nazionale annuale con il rapporto tra quantità di energia elettrica (o gas) da esso erogata e quantità totale nazionale di energia elettrica (o gas) erogata. Per raggiungere il proprio obiettivo, i distributori hanno diverse alternative cui poter ricorrere:

- a. Realizzare essi stessi o tramite società controllate interventi presso gli utenti finali in grado di generare titoli;
- b. Acquistare i titoli relativi a interventi realizzati da altri soggetti tramite contrattazione bilaterale;
- c. Acquistare i titoli relativi a interventi realizzati da altri soggetti in borsa, ossia sul mercato appositamente organizzato dal GME.

Per consentire ai soggetti obbligati di poter recuperare almeno in parte gli oneri sostenuti per la realizzazione degli interventi e/o l'acquisto dei TEE, è stata prevista l'istituzione di una componente a gravare sulle tariffe di distribuzione di energia elettrica e gas. Il cosiddetto "contributo tariffario" è fissato dall'AEEG come una quota per ogni tep di risparmio consegnato dal soggetto obbligato; Tale

¹¹ Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

2.1.4 I soggetti volontari

Oltre ai soggetti obbligati, altri operatori possono accedere al meccanismo individuando, realizzando e ottenendo Titoli di Efficienza Energetica. Questi sono:

- Società di Servizi Energetici (ESCO) e società controllate dai soggetti obbligati;
- Distributori di energia elettrica e gas con meno di 50.000 utenti;
- Società con obbligo di nomina di *Energy Manager*;
- Imprese operanti nel settore industriale, civile, terziario, agricolo, trasporti e servizi pubblici, compresi enti pubblici che abbiano provveduto alla nomina del "responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia" (*Energy Manager*) oppure siano stati certificati ISO 50001 e mantengano in essere queste condizioni per tutta la vita tecnica dell'intervento.

Per poter avviare una procedura di ottenimento di TEE il proponente deve prima di tutto essersi accreditato presso l'AEEG: per potersi accreditare come Società di Servizi Energetici ad oggi è ancora sufficiente che nello statuto della società sia prevista l'erogazione di servizi energetici, ma il D.M. 28 dicembre 2012 ha stabilito che dal 2015 sarà necessaria la certificazione UNI CEI 11352.

2.2 La valutazione e verifica dei risparmi di energia primaria

Il meccanismo dei Certificati Bianchi è normato in dettaglio nell'allegato A della Delibera AEEG EEN 09/11 che prevede tre metodi per la valutazione delle proposte:

1. Metodi di valutazione standardizzata
2. Metodi di valutazione analitica
3. Metodi di valutazione a consuntivo.

Risulta innanzitutto utile chiarire la distinzione tra intervento e progetto, che si è resa necessaria a causa dell'esistenza di una soglia minima (dimensione minima) di risparmio energetico che deve raggiungere un progetto perché la proposta venga accolta. Per "intervento" si intende una qualsiasi attività elementare individuata dal punto di vista tecnico che porta un certo risparmio energetico. Un progetto è invece definito 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, oppure la realizzazione presso un unico cliente partecipante di interventi valutabili con metodi di valutazione diversi". In questo senso, per poter raggiungere la dimensione minima, viene consentito al richiedente di:

- Realizzare un intervento presso un unico cliente;
- Realizzare lo stesso intervento presso più clienti;
- Realizzare più interventi diversi (e con diversi metodi di valutazione) presso uno stesso cliente.

Non è invece ammesso proporre un progetto costituito da interventi afferenti a diversi metodi di valutazione presso diversi clienti.

2.2.1 Vita utile e vita tecnica

Per vita utile si intende il numero di anni per cui vengono erogati i TEE ottenuti con un certo intervento. Essa è stabilita normalmente pari a 5 anni, e pari a 8 anni solo per gli interventi di isolamento termico degli edifici, di controllo della radiazione entrante da superfici vetrate, di architettura bioclimatica, di solare passivo e raffrescamento passivo. Per vita tecnica si intende l'effettivo numero di anni durante i quali si prevede che gli apparecchi o dispositivi installati siano funzionanti e pertanto producano effettivamente risparmi energetici. Essa varia da zero (per gli stand-by) fino a 25 (per i doppi vetri e l'isolamento in edilizia), ed ha valori tipici di 10-15 anni. Questa

distinzione risulta fondamentale in quanto ai fini degli obblighi di risparmio energetico i TEE vengono riconosciuti per l'intera vita tecnica, seppur erogati nel corso della sola vita utile.

2.2.2 Risparmio netto integrale, risparmio contestuale, risparmio anticipato

Per Risparmio Netto Integrale (RNI) si intende la somma di tutti i risparmi annuali di energia ottenuti nell'arco della vita tecnica, per Risparmio Contestuale (RC) si intende la somma dei risparmi annuali ottenuti nell'arco della sola vita utile, per Risparmio Anticipato (RA) si intende la somma dei risparmi relativi agli anni compresi nella vita tecnica ma fuori dalla vita utile. Grazie all'introduzione del "coefficiente di durabilità" τ (assunto pari al 2%)

$$\tau = \frac{1}{1 + \frac{U}{T}} \quad (2.1)$$

I valori di τ da utilizzare per le varie categorie di intervento sono fissati dalla Direttiva AEEG EEN 09/11 così come riportati in tabella 2.1. Per interventi a valere su metodi standardizzati o analitici la categoria dell'intervento è definita dalla stessa scheda tecnica e sulla stessa è riportato direttamente il valore di τ , per interventi a consuntivo il proponente deve individuare la categoria in cui è inseribile la proposta e dedurre il τ corrispondente.

Tabella 2.1 - Principali categorie di intervento e corrispondenti valori di τ

Categoria		τ
IND-T	Processi industriali: generazione o recupero di calore per raffreddamento, essiccazione, cottura, fusione, ecc.	3,36
IND-GEN	Processi industriali: generazione di energia elettrica da recuperi o da fonti rinnovabili o da cogenerazione	3,36
IND-E	Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento	2,65
IND-FF	Processi industriali: interventi diversi dai precedenti, per l'ottimizzazione energetica dei processi produttivi e dei layout d'impianto finalizzati a conseguire una riduzione oggettiva e duratura dei fabbisogni di energia finale a parità di quantità e qualità della produzione	3,36
CIV-T	Settori residenziale, agricolo e terziario: generazione di calore/freddo per climatizzazione e produzione di acqua calda	2,65
CIV-GEN	Settori residenziale, agricolo e terziario: piccoli sistemi di generazione elettrica e cogenerazione	3,36
CIV-FI	Settori residenziale, agricolo e terziario: interventi sull'involucro edilizio finalizzati alla riduzione dei fabbisogni di illuminazione artificiale	4,58
CIV-FC	Settori residenziale, agricolo e terziario: interventi di edilizia passiva e interventi sull'involucro edilizio finalizzati alla riduzione dei fabbisogni di climatizzazione invernale ed estiva	2,91
CIV-ICT	Settori residenziale, agricolo e terziario: elettronica di consumo (sistemi di intrattenimento e attrezzature ICT di largo consumo ad alta efficienza)	1
CIV-ELET	Settori residenziale, agricolo e terziario: elettrodomestici per il lavaggio e la conservazione dei cibi	2,65
CIV-FA	Settori residenziale, agricolo e terziario: riduzione dei fabbisogni di acqua calda	1,87

2.2.3 Metodi di valutazione standardizzata

La caratteristica del metodo è che i TEE associati allo specifico intervento sono determinati esclusivamente in funzione del numero di unità fisiche di riferimento (UFR) oggetto dell'intervento stesso (per esempio numero di motori elettrici, metri quadrati di superficie isolata, ecc.). È il metodo più immediato e semplice poiché non vengono richieste al proponente misure o rilievi ai fini della certificazione dei risparmi. Attualmente sono disponibili 28 schede tecniche di valutazione standardizzata relative ad altrettante tipologie di intervento. La scheda standard "tipo" fornisce direttamente un Risparmio Specifico Lordo Annuo (RSL) associato a ogni unità fisica di riferimento, il quale moltiplicato semplicemente per il numero di UFR fornisce il Risparmio Lordo (RL) definito come la "differenza nei consumi annui di energia primaria prima e dopo la realizzazione dell'intervento". Poiché lo spirito alla base del meccanismo dei TEE consiste nell'incentivazione dei soli risparmi ottenuti con tecnologie all'avanguardia rispetto alla "media di mercato", per i metodi standardizzati e analitici è stato introdotto il "Coefficiente di addizionalità" (a). Il concetto di "addizionalità" verrà approfondito maggiormente in seguito, ad ogni modo il coefficiente a è un fattore introdotto per tener conto delle possibili dinamiche di mercato che faranno diminuire negli anni futuri i risparmi a causa dell'evoluzione tecnologica, e pertanto assume valore minore o uguale a 1. Moltiplicando il Risparmio Lordo per il coefficiente a si ottiene il Risparmio Netto (RN) definito come "Il risparmio lordo depurato dei risparmi energetici non addizionali, cioè di questi 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". Il Risparmio Netto Integrale (RNI) che corrisponde al numero di TEE riconosciuti per ogni anno della vita utile si ottiene moltiplicando il Risparmio Netto per il coefficiente di durabilità tau.

$$\dots \tag{2.2}$$

$$\dots \tag{2.3}$$

2.2.4 Metodi di valutazione analitica

Tramite tale metodo viene quantificato il risparmio energetico sulla scorta di un algoritmo specifico per ogni scheda tecnica pertinente. L'algoritmo, in questo caso, viene alimentato con pochi parametri caratterizzanti lo stato di funzionamento e di assorbimento energetico dell'apparecchiatura oggetto dell'intervento. Di conseguenza il proponente si deve impegnare a trasmettere tali dati al GSE anno per anno, per vedersi riconosciuti i corrispondenti titoli. Contrariamente dunque al metodo standardizzato, che prevede il persistere nel tempo del risparmio certificato al primo anno, nel metodo analitico il risparmio va ricostruito anno per anno attraverso la presentazione di apposite Richieste di Verifica e Certificazione (RVC). Attualmente sono disponibili 10 schede tecniche di valutazione analitica, i cui algoritmi di calcolo sono stati codificati a seguito di una consultazione pubblica con i soggetti interessati.

2.2.5 Metodi di valutazione a consuntivo

Il metodo a consuntivo viene applicato alle proposte per le quali non sono disponibili schede tecniche di valutazione standardizzata o analitica oppure alle proposte comprendenti interventi eterogenei per metodo di valutazione da realizzarsi presso un unico cliente. Questo metodo prevede che il risparmio energetico conseguito venga quantificato secondo uno specifico algoritmo di calcolo elaborato dal soggetto proponente e approvato dal GSE (attraverso gli enti valutatori ENEA e RSE). Nell'algoritmo entrano una serie di parametri misurati che il proponente dovrà trasmettere periodicamente mediante apposite RVC per vedersi riconosciuti i corrispondenti TEE. Da sottolineare che anche in presenza di una scheda tecnica coerente con l'intervento si può decidere di ricorrere a una Proposta di Progetto e Programma di Misura (PPPM è il nome delle proposte cui si applica valutazione a consuntivo). Una

scelta come questa deve essere motivata e solitamente è dovuta alla possibilità di proporre un tau diverso da quello previsto dalla scheda tecnica o di godere di una diversa tempistica nella presentazione-istruttoria della proposta.

2.2.6 Dimensione minima

Come accennato in precedenza, le proposte avanzate al GSE per il riconoscimento di TEE devono garantire il raggiungimento di una soglia minima di risparmio energetico. Tale soglia si riferisce al Risparmio Netto Integrale (pertanto per ricavare la soglia in termini di Risparmio Netto bisogna dividere per tau) ed è differenziata in base alla metodologia di valutazione secondo la tabella seguente.

Tabella 2.2 - Dimensione minima dei progetti

Tipologia di progetto	Dimensione minima in termini di RNI [tep/anno]
Standardizzato	20
Analitico	40
A consuntivo	60

2.2.7 Tipi di titoli

Esistono 6 tipologie di Titoli di Efficienza Energetica a seconda del tipo di energia risparmiata:

1. Tipo I, relativi al risparmio di energia primaria attraverso la riduzione dei consumi di energia elettrica;
2. Tipo II, relativi al risparmio di energia primaria attraverso la riduzione dei consumi di gas naturale;
3. Tipo III, relativi al risparmio di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale non destinate all'impiego per autotrazione;
4. Tipo IV, relativi al risparmio di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale realizzato nel settore dei trasporti e valutato con le modalità previste dall'articolo 30 del D.Lgs. 3 marzo 2011;
5. Tipo V, relativi al risparmio di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale realizzato nel settore dei trasporti e valutato con modalità diverse da quelle previste per i titoli di tipo IV.
6. Tipo II-CAR, relativi al risparmio di energia primaria ottenuto su impianti di cogenerazione ad alto rendimento.

Da sottolineare come fino ad oggi i TEE emessi siano stati essenzialmente di tipo I, II e III, poiché i titoli di tipi II-CAR, IV e V hanno da poco fatto la loro comparsa sul mercato.

2.3 Il conseguimento dei TEE

2.3.1 Presentazione dei progetti

Per poter chiedere il riconoscimento di Titoli di Efficienza Energetica, un soggetto obbligato o un soggetto volontario accreditato deve seguire una procedura i cui aspetti fondamentali vengono descritti di seguito. Una volta accreditato, un soggetto volontario può presentare progetti tramite il sistema informatico dedicato del GSE ("Applicativo Informatico Efficienza Energetica") che rappresenta il canale comunicativo obbligatorio per l'inoltro delle PPPM e delle Richieste di Verifica e Certificazione dei risparmi (RVC). In presenza di schede tecniche standardizzate, il richiedente deve presentare una RVC entro 180 giorni dalla data di avvio (data in cui viene raggiunta la dimensione minima) del progetto. La persistenza dei risparmi energetici generati nel corso della vita utile è

automaticamente riconosciuta dopo la prima RVC e l'emissione dei TEE relativi avviene in automatico ogni 3 mesi. In presenza di schede tecniche analitiche, la prima RVC va presentata entro 180 giorni dalla fine del periodo di riferimento, mentre le successive RVC vanno presentate non prima di 3 mesi l'una dall'altra. Per periodo di riferimento si intende il periodo di monitoraggio che parte con l'inizio della vita utile e con l'avvio delle misure, e può durare al massimo 12 mesi. Nel caso di interventi di tipo analitico, la persistenza dei risparmi deve essere verificata con RVC successive per tutto l'arco della vita utile. Nel caso di proposte a consuntivo la procedura inizia con la presentazione di una "Proposta di Progetto e Programma di Misura" (PPPM) che deve seguire uno schema fisso con una serie di informazioni che descrivano esaurientemente il progetto: informazioni sul soggetto titolare del progetto, descrizione degli interventi, delle strutture/impianti interessati, della tempistica, dei risultati attesi, descrizione del programma di misura proposto nonché della strumentazione impiegata, condizioni di pre-installazione (*baseline*), addizionalità, algoritmi di calcolo dei risparmi, vita utile, vita tecnica, valore di tau, stima dei risparmi che verranno conseguiti. Presentata la PPPM, se questa viene approvata a seguito dell'istruttoria tecnico-amministrativa svolta dall'ente valutatore preposto (ENEA o RSE), il richiedente presenta la prima RVC e quelle successive con le scadenze previste nella stessa PPPM. La persistenza dei risparmi energetici generati dall'intervento nel corso della vita utile per una proposta a consuntivo non può essere automaticamente riconosciuta dopo la prima RVC; analogamente al metodo analitico, la verifica e certificazione avviene a seguito della regolare presentazione delle RVC (almeno una volta l'anno). Nella generalità dei casi, la contabilizzazione inizia nel momento in cui il proponente dichiara di aver avviato il programma di misura, evento che consente la misurazione dei risparmi.

2.3.2 L'attività degli enti valutatori delle proposte di riconoscimento dei TEE

Allo stato attuale, gli enti preposti alla valutazione delle proposte di riconoscimento di Titoli di Efficienza Energetica sono ENEA e RSE, tra cui vengono divise le richieste in base alla tipologia di intervento. Secondo una complessa procedura, essi hanno il compito di stabilire l'ammissibilità dei progetti al riconoscimento di TEE e l'ammontare e il tipo di TEE cui hanno diritto. Il documento principale che viene emesso da ENEA o RSE in quanto "soggetto responsabile delle attività di verifica e certificazione dei risparmi" è il Rapporto di Valutazione che riporta un giudizio sulla proposta ai fini della successiva concessione o meno dei titoli. In particolare vengono valutate la coerenza e l'esattezza dei dati forniti, la completezza della documentazione richiesta, l'esattezza dei calcoli eseguiti dal proponente per la quantificazione dei risparmi, la coerenza della proposta con la normativa alla base del meccanismo dei Certificati Bianchi. L'istruttoria può avere i seguenti esiti:

- Positivo: la proposta viene interamente accolta senza modifiche;
- Parzialmente positivo: la proposta è positiva ma l'entità dei risparmi viene decurtata;
- Negativo: la proposta è valutata negativamente ma con opportune correzioni può essere ripresentata;
- Sospeso: in seguito a dubbio di ammissibilità degli interventi proposti, il GSE chiede pronunciamento ai ministeri competenti;
- Ritirata: la proposta viene ritirata dal proponente per sopraggiunte difficoltà formali o sostanziali nella realizzazione del progetto;
- Irricevibile: la proposta viene accantonata per irrimediabili vizi formali
- Richiesta integrazioni: la proposta non è giudicabile sulla base delle informazioni fornite perciò ulteriori integrazioni sono richieste formalmente al proponente.

Quasi mai una proposta viene dichiarata irricevibile alla prima valutazione, ma solitamente si procede prima a una richiesta di integrazioni. Nei casi in cui una proposta sia gravemente carente dal punto di vista tecnico, che compaiano elementi contraddittori o che non venga rispettato lo spirito dei decreti, il valutatore procede produce una lettera di pre-bocciatura in cui si comunica che la proposta è in corso di valutazione negativa; vengono concessi dieci giorni al proponente per esporre eventualmente proprie contestazioni.

2.3.3 Registrazione presso il Gestore dei Mercati Energetici (GME)

Per negoziare i TEE riconosciuti è necessario che il richiedente si iscriva al registro dei TEE gestito dal GME, dopodiché è possibile procedere alla compravendita bilaterale dei titoli. Le sessioni del mercato organizzato dal GME sono attive un giorno a settimana. Una volta monetizzati i titoli si pone il problema della ripartizione degli utili tra i soggetti partecipanti al progetto (distributore, ESCo, utente finale). A riguardo non esistono indicazioni nella normativa pertinente, pertanto c'è piena libertà contrattuale tra le parti interessate.

2.3.4 Cumulabilità dei TEE con altri strumenti incentivanti

Il D.M. 28 dicembre 2012, di "riordino" del sistema dei Certificati Bianchi, ha modificato le regole sulla cumulabilità rendendole più restrittive rispetto al passato, in analogia con quanto deciso per altri sistemi di incentivazione (fonti rinnovabili e conto termico). I progetti presentati a partire dal 3 gennaio 2013 non sono più cumulabili con altri incentivi statali, quali: tariffa omnicomprensiva, Certificati Verdi, Conto Termico, detrazioni fiscali, Conto Energia per il fotovoltaico. Fanno eccezione i fondi di garanzia e rotazione, i contributi in conto interesse, la detassazione del reddito d'impresa per l'acquisto di macchinari e attrezzature. Rimane possibile, invece, sommare i Certificati Bianchi con incentivi di tipo regionale, locale e comunitario, con le detrazioni del credito di imposta per le reti di teleriscaldamento a biomassa realizzate in zona climatica E e F. Per i progetti antecedenti al suddetto D.M., il GSE ha pubblicato una serie di delucidazioni che spiegano i limiti temporali entro cui è stato ancora possibile godere della cumulabilità con altri incentivi. I progetti standard (ossia la tipologia che comprende la maggior parte degli interventi per i quali si sovrapponevano TEE e detrazioni fiscali) che possono beneficiare della cumulabilità sono quelli aventi data di avvio precedente al 3 gennaio 2013. La data di avvio rappresenta il giorno in cui il progetto raggiunge la dimensione minima, cioè inizia a produrre i risparmi tali da superare il limite di 20 tep annui (che solitamente coincide con la data di installazione o collaudo). Per i progetti analitici la data di inizio del periodo di rendicontazione dei risparmi deve essere antecedente al 3 gennaio 2013, mentre per i progetti a consuntivo la PPPM deve essere stata presentata entro tale data. In definitiva, quindi non c'è più possibilità di presentare nuove proposte di alcun tipo che possano beneficiare della cumulabilità.

2.3.5 *Baseline* e addizionalità

Un concetto molto importante nel sistema dei Titoli di Efficienza Energetica è quello di "addizionalità". Secondo lo spirito dei Decreti i soli risparmi che possono essere incentivati e quindi tradotti in titoli sono quelli addizionali, cioè quei risparmi ottenibili escludendo l'effetto di fattori spuri. Il concetto viene chiaramente esplicitato nella definizione di Risparmio Netto data dalla Direttiva EEN 09/11: "Risparmio Netto è il risparmio lordo, depurato dei risparmi energetici non addizionali, cioè 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". Per la valutazione delle "non-addizionalità" è necessario assumere una situazione ante-intervento di riferimento, detta *Baseline*, come scenario impiantistico rappresentativo di una situazione media di mercato. Il richiedente deve quindi immaginare un contesto in assenza del meccanismo incentivante: la soluzione che avrebbe implementato in una simile condizione rappresenta la *baseline*. I risparmi addizionali di una soluzione ad alta efficienza vengono valutati in confronto alla condizione di *baseline*. La vera innovazione introdotta dal sistema dei TEE sta proprio nel assumere come incentivabili solo quegli interventi che "vanno oltre" la pratica corrente, adottando soluzioni di avanguardia, e realizzando quindi una vera efficienza energetica che anticipi l'evoluzione tecnologica o normativa. La "media di mercato" deve essere individuata da parte del proponente, tramite la conduzione di indagini di mercato, da letteratura tecnico/scientifica, da standard nazionali e internazionali, ecc. Di fatto, il proponente può trovarsi di fronte a 3 casi:

1. Se la situazione ante-intervento è peggiore della media di mercato, il risparmio netto che si considera incentivabile è solo la differenza tra consumi medi di mercato e consumi post-intervento;
2. Se la situazione ante-intervento coincide con la media di mercato, vengono presi quei consumi come baseline rispetto a cui valutare i risparmi;
3. Se la situazione ante-intervento è migliore della media di mercato, i consumi che si prendono come baseline sono quelli propri dell'impianto prima della realizzazione dell'opera.

Le situazioni possibili sono schematizzate nella figura sottostante: gli intervalli evidenziati rappresentano le "differenze di rendimento" che vengono incentivate nei 3 casi.

Fig. 2.1 - Variazione di efficienza incentivabile: casi possibili

2.4 Le novità introdotte dal Decreto Ministeriale del 28 dicembre 2012

Il Decreto Ministeriale del 28 dicembre 2012 (cosiddetto "Certificati Bianchi"), entrato in vigore il 3 gennaio 2013, ha introdotto misure volte a potenziare l'efficacia complessiva del meccanismo dei Certificati Bianchi, confermando la priorità affidata al tema dell'efficienza energetica nella strategia energetica nazionale in campo energetico. Tale decreto riforma il meccanismo introducendo numerose novità su molti fronti. Il provvedimento stabilisce, in primo luogo, gli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico che devono essere perseguiti attraverso il sistema dei TEE dalle imprese distributrici di energia elettrica e gas, nel quadriennio 2013-2016 (vedi paragrafo 2.6). Vengono, inoltre, approvate 18 nuove schede tecniche di tipo standardizzato e analitico ed è prevista la possibilità che ENEA e RSE, su richiesta del GSE, predispongano ulteriori schede tecniche per la misurazione, verifica, e quantificazione dei risparmi energetici relativi a interventi nei settori dell'informatica e telecomunicazioni, del recupero termico, del solare termico a concentrazione, dei sistemi di depurazione delle acque e della distribuzione di energia elettrica. Tra le nuove 18 schede vanno menzionate le 5 schede standard che vanno a introdurre nel meccanismo il settore dei trasporti, in particolare promuovendo la diffusione di veicoli elettrici, ibridi, a gas naturale e gpl, e la diffusione

del biometano nel trasporto pubblico locale. Una delle novità potenzialmente più dirompenti riguarda l'introduzione di una nuova fattispecie di progetti: i "Grandi Progetti". L'articolo 8 del D.M. prevede che per questi particolari tipi di iniziative (realizzati in aree metropolitane e in grado di risparmiare più di 35.000 tep all'anno per più di 20 anni di vita tecnica) la valutazione debba seguire una procedura speciale e sia anche possibile riconoscere delle premialità, cioè dei coefficienti moltiplicativi in grado di far lievitare il numero dei TEE riconosciuti fino al 50%. Inoltre, a differenza di quanto avviene per tutti gli altri (ad eccezione della Cogenerazione ad Alto Rendimento), per questi progetti sarà possibile usufruire di un incentivo di valore economico fisso per 5 anni, anziché dover essere soggetti alla fluttuazione della borsa dei TEE. Tra gli ambiti di maggiore novità del D.M. c'è il passaggio della quasi totalità delle competenze operative nella gestione del meccanismo dei TEE dall'AEEG al GSE. A partire dal 3 febbraio 2013 è stata trasferita l'attività di gestione, valutazione e certificazione dei risparmi correlati a progetti di efficienza energetica al GSE, che si avvale del supporto di ENEA e RSE. Al GSE spetta anche il compito di verificare la corretta esecuzione tecnica e amministrativa dei progetti che hanno ottenuto Certificati Bianchi, con verifiche a campione sulla regolare esecuzione delle iniziative e sulla loro conformità al progetto approvato. All'AEEG rimane ancora in capo la cosiddetta "regolazione economica" del meccanismo, cioè tutto quanto riguarda la definizione del contributo tariffario e delle sanzioni per i distributori obbligati inadempienti, nonché l'emanazione dei regolamenti utilizzati dal GME per gestire sia la borsa sia le transazioni bilaterali. Nuovi e importanti ruoli vengono affidati all'ENEA (e in parte al RSE) che si dovrà occupare anche di divulgazione e di consulenza agli operatori che vogliono presentare un nuovo progetto. Riguardo ai soggetti volontari, il nuovo Decreto introduce l'obbligo per le ESCo e gli *Energy Manager* di certificazione rispettivamente secondo le norme UNI CEI 11352 e UNI CEI 11339, entro due anni dall'emanazione del decreto stesso. Altra grossa novità riguarda la non cumulabilità dei TEE con altri tipi di incentivi, secondo quanto descritto al paragrafo 2.3.4.

2.5 Il mercato dei TEE

Come già descritto, i soggetti obbligati possono adempiere al loro obbligo in termini di risparmio di energia primaria attuando direttamente interventi di risparmio energetico presso gli usi finali o acquistando TEE ottenuti dai soggetti volontari (ESCo, Società con Energy Manager, distributori con meno di 50.000 clienti). E' prevista inoltre la possibilità di vendita di titoli da parte dei distributori obbligati che raggiungono risparmi oltre l'obiettivo annuo e pertanto possono trarre profitto dalla cessione dei titoli in eccesso. Lo scambio di Certificati tra soggetti volontari e soggetti obbligati avviene all'interno di un sistema organizzato dal GME ed prevede due modalità:

- Attraverso transazioni bilaterali dirette;
- Attraverso contrattazione sul Mercato dei TEE.

Il GME gestisce il Registro dei TEE, ovvero un archivio informatico presso il quale viene attivato un conto-proprietà per ogni operatore del mercato: sul registro vengono memorizzate tutte le transazioni sia quelle basate su contratto bilaterale diretto sia quelle negoziate sul Mercato dei TEE. Per l'anno 2013, la percentuale degli scambi avvenuti sul mercato dedicato è stata del 34,2% contro un 65,8 di scambi bilaterali (di cui il 15% è rappresentato da scambi tra società appartenenti allo stesso gruppo). Il mercato dei TEE è regolato dai meccanismi di domanda-offerta, pertanto il prezzo (che viene ridefinito a ogni sessione di mercato) risulta essere oscillante. Nel corso di un anno classicamente il prezzo dei Titoli tende a crescere all'avvicinarsi del 31 maggio, termine di verifica dell'adempimento degli obiettivi per i soggetti obbligati, per poi crollare dopo questa data. Mediamente il valore di un VGG "3" n g p v c o g p v g " e t g u e k valore medio per il secondo semestre 2013 g n " 4 2 2 ; " h k p che si è attestato sui 101,7 p l v l g c o n t i n u o aumento anno dopo anno degli obblighi nazionali di risparmio energetico, che si traduce in obiettivi sempre più impegnativi per i soggetti obbligati, garantisce la continuità della domanda e quindi il mantenimento del valore dei Titoli per gli anni a venire. Vista l'attuale percezione di scarsità di titoli rispetto agli obiettivi diffusa tra gli operatori, capita che alcuni di essi anticipino gli acquisti al fine di assicurarsi la disponibilità dei titoli necessari per l'adempimento degli obblighi anche per gli anni successivi. Appare ovvio come un mercato come quello descritto si presti alla conduzione di manovre speculative da parte degli operatori che, ad

esempio, potrebbero accumulare grosse quantità di titoli in momenti di basso costo per rivenderli in corrispondenza del 31 maggio o addirittura trattenere titoli per l'anno in corso contando di riposizionarli sul mercato l'anno seguente confidando in un probabile rialzo della loro valutazione. Per limitare al massimo simili manovre speculative, il D.M. 21 dicembre 2007 introduce un meccanismo disincentivante che scatta allorché vengano accumulati Titoli in quantità superiore all'obiettivo nazionale. Tale meccanismo prevede che "Qualora i risparmi di energia elettrica o gas naturale relativi alle quantità di titoli eccedenti, superino il 5% dei rispettivi obiettivi quantitativi nazionali che devono essere conseguiti dalle imprese di distribuzione per l'anno a cui è riferita la suddetta verifica, gli obiettivi quantitativi nazionali per gli anni successivi vengono incrementati delle suddette quantità eccedenti".

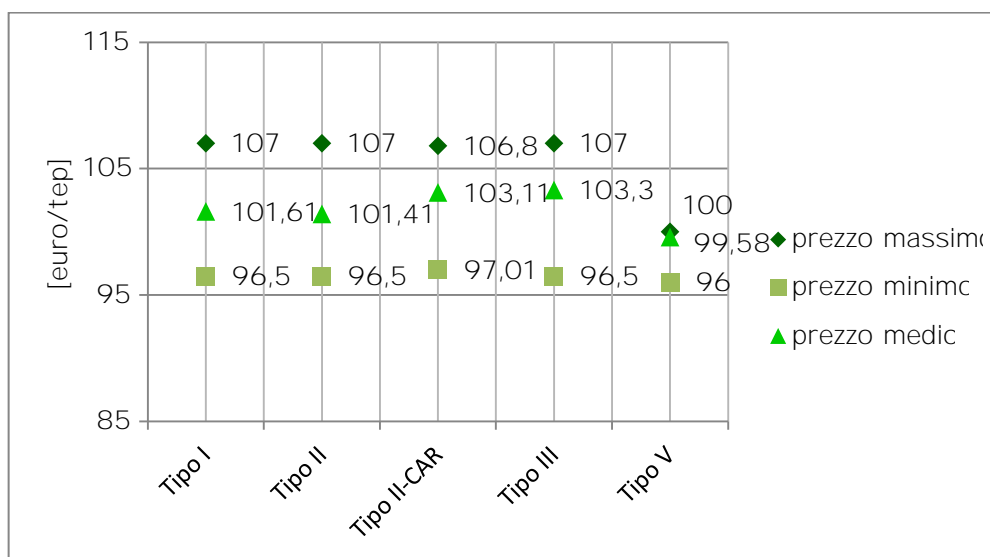


Fig. 2.2 - Prezzo massimi, minimo e medio dei TEE sul mercato per il secondo semestre 2013 (GME, 2014).

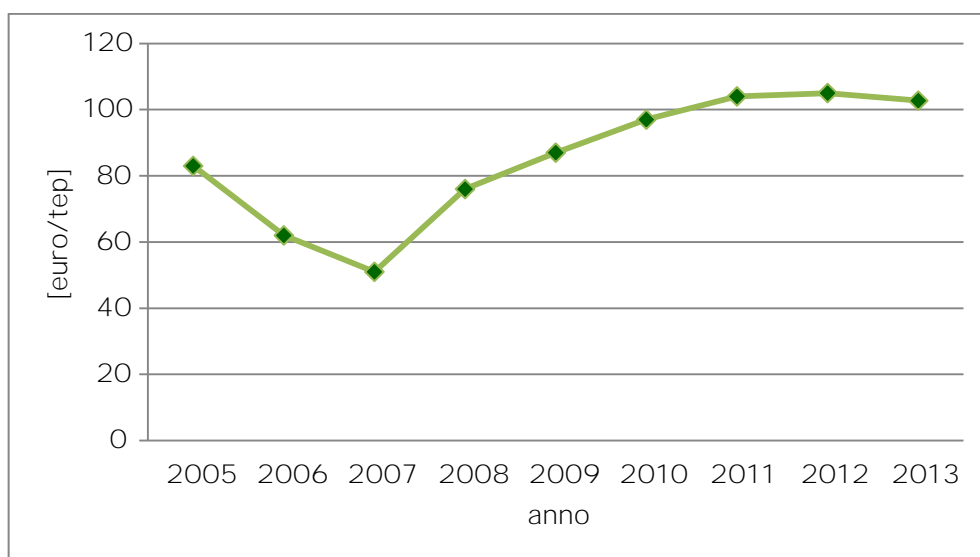


Fig. 2.3 - Andamento del prezzo medio pesato annuale dei TEE (FIRE,2013).

2.6 Obiettivi e risultati conseguiti del meccanismo

A livello nazionale, sul periodo 2005-2012 è stato raggiunto il 58% dell'obiettivo complessivo di risparmio energetico previsto al 2016. Il buon risultato, in anticipo sulla tabella di marcia tracciata nel PAEE 2011 deriva dall'ottima performance del settore industriale per il quale l'obiettivo è stato centrato già con quattro anni di anticipo grazie al supporto determinante dei certificati Bianchi e del settore residenziale dove sono stati raggiunti i tre quarti circa dell'obiettivo. Concentrandosi sul meccanismo dei TEE, nella tabella 2.3 sono riportati gli obblighi nazionali di risparmio di energia primaria per i distributori (aggiornati al D.M. 28 dicembre 2012) e i risparmi effettivamente conseguiti fino a fine 2013. A fine 2013, il meccanismo dei Certificati Bianchi ha permesso di conseguire circa 24 tep di risparmio di energia primaria. Nonostante il totale cumulato dei TEE emessi dall'inizio del meccanismo sia ancora in deficit rispetto al numero necessario all'adempimento degli obblighi prefissati, questo sistema incentivante si consolida come uno degli strumenti fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi fissati dal PAEE 2011 così come definito dalla Strategia Energetica Nazionale che affida ad esso il compito di coprire oltre un terzo del risparmio totale da conseguire entro il 2020.

Tabella 2.3 - TEE emessi rispetto agli obblighi previsti dall'inizio del meccanismo (GME,2014).

Anno di obbligo	Obblighi Distributori di energia elettrica [Mtep/anno]	Obblighi Distributori di gas [Mtep/anno]	Totale cumulato TEE necessari per l'adempimento [Mtep/anno]	Totale cumulato dei TEE emessi dall'inizio del meccanismo [Mtep]
2005	0,1	0,06	0,16	
2006	0,19	0,12	0,47	
2007	0,39	0,25	1,11	1,26
2008	1,2	1	3,31	2,6
2009	1,8	1,4	6,51	5,23
2010	2,4	1,9	10,81	8,02
2011	3,1	2,2	16,11	11,44
2012	3,5	2,5	22,11	17,23
2013	3,03	2,48	27,62	23,99
2014	3,71	3,04	34,37	
2015	4,26	3,49	42,12	
2016	5,23	4,28	51,63	

Osservando la ripartizione per tipo dei Titoli cumulati emessi fino ad oggi (Figura 2.5), si osserva che circa l'80% del totale è rappresentato da Titoli di tipo I e II, circa il 18% da Titoli di tipo III, il 3% di Titoli di tipo II-CAR e una percentuale irrisoria da titoli di tipo V (si ricorda che queste ultime due tipologie sono state introdotte solamente dal 2012).

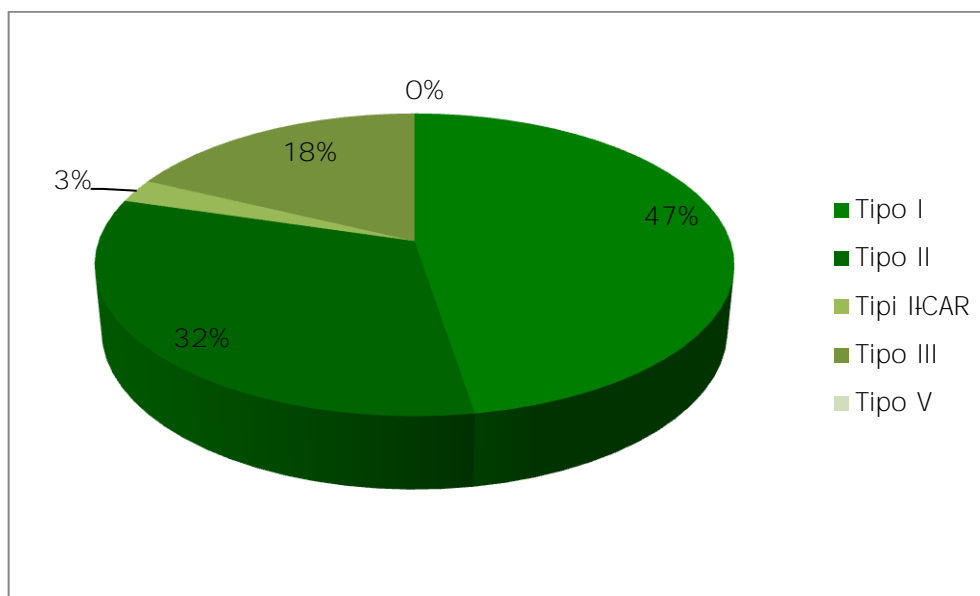


Fig. 2.5 - Ripartizione dei TEE emessi dall'avvio del meccanismo a fine 2013 (GME, 2014).

I dati statistici evidenziano che l'intervento di semplificazione, riordino e maggiore valorizzazione degli interventi strutturali (mediante l'introduzione del coefficiente di durabilità tau) effettuato con le nuove Linee Guida AEEG 2012 ha avuto impatto in termini quantitativi e qualitativi, agendo in due direzioni: stimolando l'accesso al meccanismo dei TEE di nuovi operatori, e aumentando la partecipazione al meccanismo degli interventi di carattere strutturale. Con questo secondo effetto si intende evidenziare una maggiore capacità dei TEE di contribuire alla copertura dei costi di investimento in tecnologie ad alta efficienza energetica, a parità di costo per il paese. In questo senso si è assistito, proprio da fine 2011, ad una crescita della partecipazione al meccanismo di progetti di efficientamento negli usi sia termici che elettrici nel settore industriale, sia se calcolata in termini di TEE, sia se calcolata in termini di Risparmio Netto Contestuale (sterilizzando dunque il solo effetto di cambiamento nei criteri di contabilizzazione dei risparmi attraverso il citato coefficiente tau). L'effetto positivo di aumento della partecipazione del settore industriale al meccanismo dei Certificati Bianchi volto a interventi di efficientamento strutturale dei processi produttivi emerge anche dal ruolo sempre più importante svolto dal metodo di valutazione dei risparmi a consuntivo: questo metodo, che prevede la definizione di un programma di misura e di un algoritmo di calcolo dei risparmi definito *ad hoc* per ogni progetto, si adatta particolarmente bene alle caratteristiche e specificità del settore industriale i cui interventi sono difficilmente standardizzabili in schede tecniche. Osservando la ripartizione in categorie di intervento dei TEE richiesti nel secondo semestre 2013 mediante PPPM, si nota infatti che circa il 95% afferisce a categorie del settore industriale e in particolare alle categorie IND-FF (53%) e IND-T (33%). Di conseguenza, il fatto che oltre il 90% dei TEE rilasciati nell'anno 2013 abbia previsto proprio una modalità di valutazione a consuntivo è chiaro sintomo del peso del settore industriale nel meccanismo dei Certificati Bianchi.

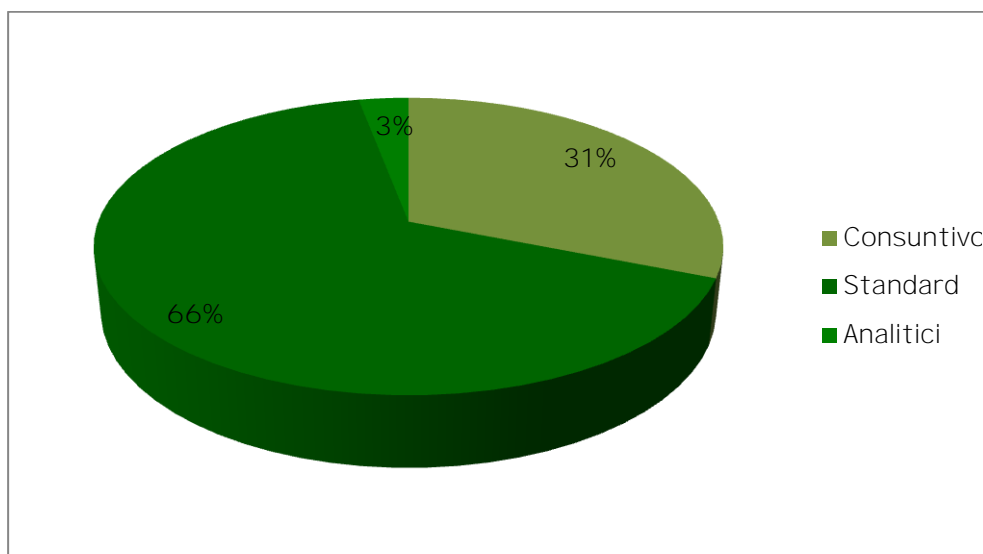


Fig. 2.6 - Ripartizione rispetto alle tre metodologie di valutazione dei TEE emessi dall'avvio del meccanismo al 31 maggio 2012 (AEEG,2012).

La tabella 2.4, che riguarda la ripartizione per categoria di intervento dei TEE emessi dall'avvio del meccanismo ad oggi a favore di progetti valutati con metodo a consuntivo, conferma quanto sopra detto: si nota come negli anni sia andata consolidandosi la quota di risparmi legati ad interventi in ambito industriale, arrivati a coprire oltre il 92% del totale.

Tabella 2.4 - Ripartizione dei TEE emessi dall'avvio del meccanismo a favore di progetti a consuntivo (AEEG,2012).

Sigla	Descrizione	Quota % dei TEE emessi al 31 maggio 2012
IND-T	Processi industriali: generazione o recupero di calore per raffreddamento, essiccazione, cottura, fusione, ecc.	62,1%
IND-GEN	Processi industriali: generazione di energia elettrica da recuperi o da fonti rinnovabili o da cogenerazione	17,3%
IND-FF	Processi industriali: interventi diversi dai precedenti, per l'ottimizzazione energetica dei processi produttivi e dei layout d'impianto finalizzati a conseguire una riduzione oggettiva e duratura dei fabbisogni di energia finale a parità di quantità e qualità della produzione	9,1%
IND-E	Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento	5,4%
CIV-T	Settori residenziale, agricolo e terziario: generazione di calore/freddo per climatizzazione e produzione di acqua calda	2,8%
IPRIV-NEW	Illuminazione privata: nuovi impianti efficienti o riprogettazione completa di impianti esistenti	1,1%
CIV-GEN	Settori residenziale, agricolo e terziario: piccoli sistemi di generazione elettrica e cogenerazione	0,8%
IPRIV-RET	Illuminazione privata: applicazione di dispositivi per l'efficientamento di impianti esistenti (retrofit)	0,7%
IPUB-RET	Illuminazione pubblica: applicazione di dispositivi per l'efficientamento di impianti esistenti (retrofit)	0,5%
CIV-INF	Settore residenziale, agricolo e terziario: riduzione dei fabbisogni di energia con e per applicazioni ICT	0,2%
CIV-ELET	Settori residenziale, agricolo e terziario: elettrodomestici per il lavaggio e la conservazione dei cibi	0,0%
CIV-FA	Settori residenziale, agricolo e terziario: riduzione dei fabbisogni di acqua calda	
CIV-FC	Settori residenziale, agricolo e terziario: interventi di edilizia passiva e interventi sull'involucro edilizio finalizzati alla riduzione dei fabbisogni di climatizzazione invernale ed estiva	
CIV-FI	Settori residenziale, agricolo e terziario: interventi sull'involucro edilizio finalizzati alla riduzione dei fabbisogni di illuminazione artificiale	
CIV-ICT	Settori residenziale, agricolo e terziario: elettronica di consumo (sistemi di intrattenimento e attrezzature ICT di largo consumo ad alta efficienza)	
IPUB-NEW	Illuminazione pubblica: nuovi impianti efficienti o rifacimento completo degli esistenti	
RETI	Interventi di efficientamento delle reti elettriche e del gas naturale	
TRASP	Sistemi di trasporto: efficientamento energetico dei veicoli	
TOTALE		

Osservando la ripartizione dell'attività di emissione di TEE tra i diversi soggetti coinvolti nel meccanismo si nota anzitutto come sia molto limitato il contributo diretto delle aziende distributrici di gas e energia elettrica. Ciò risulta facilmente spiegabile con la difficoltà da parte di queste aziende nell'avviare un'attività tanto diverse dal loro *core-business* come la realizzazione di interventi di efficienza energetica. A questo si aggiunge, per i grandi soggetti, la possibilità di incorrere in problemi con l'Antitrust. Il grosso dell'attività di ottenimento di Titoli risulta in mano alle Società di Servizi Energetici, i soggetti dotati di tutti gli strumenti e del *know-how* necessari all'individuazione, realizzazione, valorizzazione di interventi di efficientamento energetico. Seppur in netta crescita,

risulta ancora limitato il contributo diretto da parte di Società dotate di *Energy Manager* : queste scontano soprattutto la non raggiunta maturità della figura dell'EM nel tessuto italiano in termini di riconoscimento del ruolo, risorse umane ed economiche messe a disposizione, propensione all'investimento delle singole aziende.

Tabella 2.5 - Livelli di attività dei diversi soggetti titolari di progetti (Fonte: AEEG, 2012).

Tipologia di soggetto	Percentuale di TEE emessi rispetto al totale		
	al 31 maggio 2012	al 31 dicembre 2011	VARIAZIONE
Distributori elettrici obbligati	5,8%	6,5%	-0,7%
Distributori gas obbligati	5,7%	6,2%	-0,5%
Distributori non obbligati	0,4%	0,6%	-0,2%
Società di Servizi Energetici	77,8%	81,6%	-3,8%
Soggetti con Energy Manager	10,3%	5,1%	+5,2%
TOTALE	100,0%	100,0%	

2.7 Efficacia ed efficienza economica dei principali strumenti di incentivazione all'efficienza energetica

In Italia, gli strumenti messi in campo per il miglioramento dell'efficienza energetica sono molteplici e di varia natura:

- Ricerca e Sviluppo: misure governative di investimento o agevolazione degli investimenti in ricerca tecnologica, sviluppo, dimostrazione, distribuzione;
- Formazione e sensibilizzazione: misure volte ad aumentare la conoscenza, la sensibilizzazione, la formazione tra i soggetti interessati o gli utenti;
- Incentivi finanziari e sovvenzioni: misure che incoraggiano o stimolano determinate attività, comportamenti o investimenti utilizzando strumenti finanziari e fiscali;
- Accordi volontari: misure che nascono dall'impegno volontario di agenzie governative o enti del settore, sulla base di accordi formali;
- Permessi commerciabili: sistema di scambio di titoli di emissione di gas serra (*Emission Trading System* - ETS), sistema dei Titoli di Efficienza Energetica, sistema dei Certificati Verdi (obbligo di produrre o acquistare energia di origine rinnovabile);
- Strumenti normativi: vasta gamma di strumenti con cui il governo obbliga gli operatori ad adottare misure specifiche e/o relazionare su informazioni specifiche.

Due interessanti indicatori che permettono di confrontare la "bontà" dei diversi strumenti di incentivazione e normativi sono:

- L'efficacia, che quantifica l'effetto concreto di uno strumento di politica, e rappresenta la differenza tra la situazione raggiunta con l'attuazione dello strumento e il caso di non-intervento. Può far riferimento alla differenza di consumo di energia in termini assoluti nel corso di un periodo di tempo più lungo di un anno, può essere normalizzata sui valori annuali o espressa in termini relativi (% per anno);
- L'efficienza economica, che esprime il costo sostenuto per unità di energia risparmiata. Può essere riferito all'investimento totale o all'entità del solo contributo pubblico.

Il grafico in figura 2.7 riporta l'efficacia delle prime quattro misure in ordine di importanza calcolata come rapporto tra valore del risparmio energetico conseguito nel periodo 2007-2012 e il valore

dell'obiettivo di risparmio energetico stabilito per l'anno 2016 dal PAEE 2011. Circa l'80% del risparmio totale conseguito è stato realizzato grazie allo strumento incentivante dei Titoli di Efficienza Energetica e dagli Standard Minimi di Prestazione Energetica degli edifici introdotti dal D.Lgs. 192/05. Nell'ambito di questi due strumenti per l'efficienza energetica, gli interventi che hanno maggiormente contribuito al raggiungimento dell'obiettivo sono stati: l'installazione di impianti di riscaldamento efficienti ne settore residenziale, l'adozione di standard minimi di efficienza energetica nel settore terziario, l'installazione di impianti di cogenerazione ad alto rendimento, di installazione di motori elettrici ad alta efficienza e i recuperi di calore nel settore industriale, il rinnovo eco-sostenibile del parco autoveicoli nel settore trasporti.

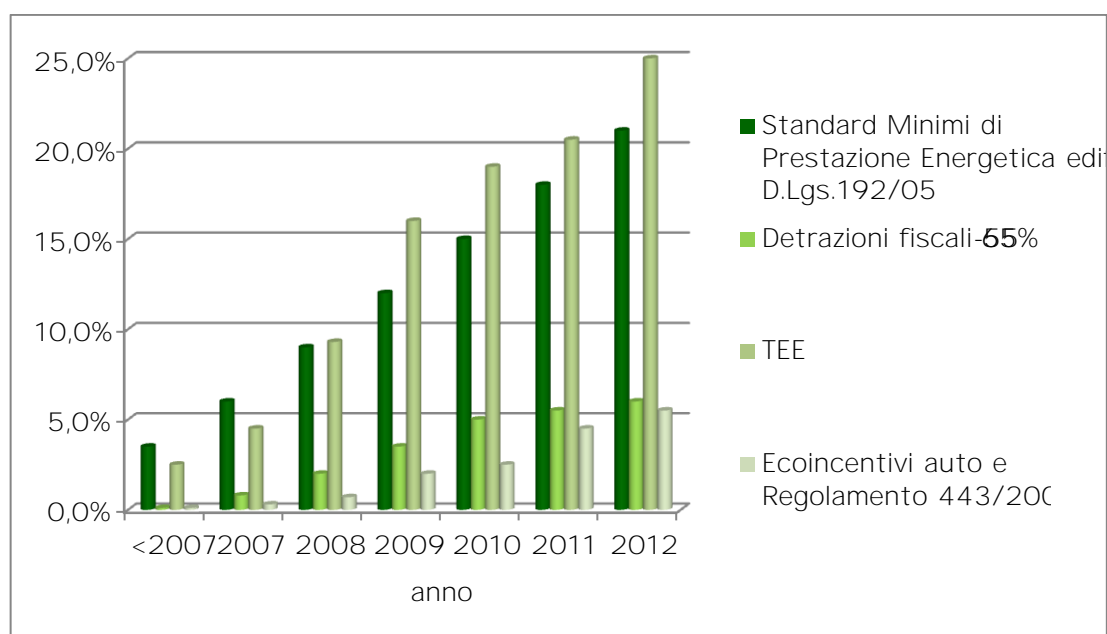


Fig. 2.7 - Efficacia delle principali misure espressa in percentuale sugli obiettivi 2016 (ENEA, 2013).

La tabella 2.6 fornisce i valori dell'indicatore efficienza economica per ciascuno degli strumenti analizzati sia in rapporto all'investimento totale, sia al contributo dello stato.

Tabella 2.6 - Efficienza economica degli strumenti di incentivazione (ENEA, 2013).

Misura	Costo/efficacia Investimento totale [/KWh]	Costo/efficacia Contributo statale [/KWh]	% Contributo statale	% Contributo privato
TEE	[----]	0,005	[----]	[----]
Detrazioni Fiscali 55-65%	0,121	0,067	55%	45%
Detrazioni 20% motori e inverter	0,003	0,0006	16,6%	83,4%
Ecobonus auto	0,819	0,101	12,30%	87,70%
Standard Minimi Prestazione Energetica Edifici	0,17	[----]	[----]	[----]

Le misure considerate promuovono interventi in settori economici diversi; risulta pertanto difficile dare una valutazione comparativa che tenga conto anche delle differenti dinamiche di mercato. Si può

comunque osservare che il meccanismo dei Titoli d Efficienza Energetica, oltre a fornire il contributo maggiore in termini quantitativi di energia risparmiata, risulta anche il più conveniente dal punto di vista dell'efficienza economica per il contributo statale (con un costo-efficacia di un ordine di grandezza inferiore a quello delle detrazioni fiscali 55-65%).

CAPITOLO 3

Software per l'audit energetico presso impianti industriali

3.1 L'audit energetico

3.1.1 Cos'è un audit energetico

L'audit energetico è una procedura che permette di costruire il Piano energetico di un'azienda attraverso l'analisi dettagliata delle diverse voci di consumo di energia elettrica e combustibile (illuminazione, lavorazioni, climatizzazione, uffici,...), del loro peso e dei relativi interventi di possibile miglioramento energetico. Il piano energetico consiste nella pianificazione di una serie di azioni ordinarie e straordinarie che permettano un miglioramento dell'efficienza energetica dello stabilimento produttivo ed un conseguente vantaggio economico. Le azioni ordinarie sono interventi di facile realizzazione, quasi senza necessità di investimenti, che possono riguardare semplicemente il ripristino del corretto funzionamento degli impianti (azioni manutentive quali pulizia filtri, pulizia scambiatori, etc.) o l'adozione di interventi innovativi (quali modifiche al comportamento degli addetti, procedure di gestione, piccoli interventi sugli impianti). Le azioni straordinarie sono interventi di efficientamento energetico che richiedono un investimento non trascurabile e quindi necessitano di un'analisi tecnico-economica approfondita. Le recenti direttiva europea n°27 e la Strategia Energetica Nazionale (SEN) definiscono gli audit energetici come uno degli strumenti più importanti al fine del miglioramento dell'efficienza energetica del settore industriale italiano. La direttiva 27 prevede per le amministrazioni l'obbligo di sviluppare programmi intesi a incoraggiare le piccole medie imprese a sottoporsi ad audit energetici e l'obbligo per le imprese di grandi dimensioni di sottoporsi ad audit con cadenza periodica. Viene inoltre sottolineato come gli audit energetici debbano essere effettuati secondo gli standard previsti dalle norme internazionali di riferimento, quali la EN-ISO 50001 (sistemi di gestione dell'energia), la EN 16247-1 (audit energetici), la EN-ISO 14000 (sistemi di gestione ambientale). Secondo la stessa direttiva, per poter essere realmente utili ed efficaci, gli audit energetici dovranno essere realizzati da ditte terze indipendenti o, se realizzati da personale interno, questo non dovrà essere direttamente coinvolto nell'attività di gestione dell'energia dello stabilimento. Gli stati membri dovranno inoltre sviluppare dei regimi di certificazione dei fornitori di servizi energetici per tutelare i fruitori degli audit stessi e certificare l'attività delle ESCo che andranno a realizzare l'analisi. La stessa SEN, pubblicata l'8 marzo 2013, prevede anche la sensibilizzazione delle industrie energivore promuovendo campagne di audit energetico per aziende del settore terziario e secondario. Appare chiaro che la normativa più recente in ambito di efficienza energetica individua negli audit uno strumento indispensabile per poter capire l'effettivo consumo di uno stabilimento e li propone come metodo tra i più efficaci e alla portata della maggior parte delle aziende per incrementare il livello di efficienza globale. Ovviamente, quanto più un audit è preciso e dettagliato, tanto più potrà far emergere le soluzioni più adatte per ottenere un miglioramento del livello di efficienza energetica importante e interessante dal punto di vista economico-produttivo. Gli audit energetici, quindi, non sono solo un mezzo per contabilizzare i livelli di consumo ma un mezzo efficace e propositivo per incrementare l'efficienza dell'azienda che li commissiona.

3.1.2 Le fasi

La prima fase di un audit energetico, tipicamente detta *Flash-audit* prevede una mappatura dettagliata delle aree di consumo collegate agli impianti e ai processi al fine di arrivare alla determinazione dei livelli di consumo di stabilimento. Nel concreto questa fase si articola secondo una procedura che prevede: la richiesta preliminare di dati al cliente mediante un'apposita "*checklist*", un'analisi preliminare dei dati ricevuti, un sopralluogo presso il cliente con eventuale richiesta di dati integrativi, la stesura di un report da consegnare al cliente. Fondamentale per la realizzazione del *Flash-audit* è la competenza ed esperienza dei professionisti che lo svolgono. La specializzazione del personale operante è un requisito previsto dalla normativa e reso indispensabile dall'elevato grado di complessità

e varietà di situazioni impiantistiche che si possono presentare nelle diverse realtà industriali. Dall'interpretazione dei dati relativi all'utilizzazione dell'energia mediante l'analisi dei centri di costo e dal confronto del livello energetico dello stabilimento con le BAT (*Best Available Techniques*) di riferimento del settore specifico si dovrà partire per l'individuazione di una serie di possibili soluzioni di miglioramento dell'efficienza energetica. A questa prima fase ne segue una seconda, denominata comunemente *Complete Study*, che prevede uno studio specifico delle soluzioni personalizzate e degli interventi migliorativi proposti per il caso specifico. Questa parte è la naturale prosecuzione del check-up svolto in azienda e consente di dare concretezza alle soluzioni individuate nell'analisi di *flash-audit*. Si dovranno quantificare i reali miglioramenti ottenibili e la fattibilità degli interventi proposti per fornire al fruitore dell'audit un panorama di più soluzioni in grado di migliorare il livello di efficienza sia del singolo reparto che in generale dello stabilimento. I risultati e le elaborazioni sviluppate all'interno degli audit energetici devono essere, per normativa, basati su dati operativi relativi al consumo di energia e dovranno essere aggiornati, misurati e tracciabili. Un audit completo dovrà comprendere un esame dettagliato del profilo di consumo energetico degli edifici, delle attività e degli impianti industriali, suddivisi per reparti produttivi. Un'altra caratteristica fondamentale è la rappresentatività dei dati analizzati che dovrà consentire il tracciamento di un quadro della prestazione energetica globale più possibile veritiero e preciso, in grado di consentire l'individuazione delle più adatte opportunità di miglioramento proposte nella seconda fase dello studio. I calcoli proposti nel report finale dovranno essere convalidati e basati sulle misure realizzate, in modo da fornire informazioni tracciabili per il personale all'interno dell'azienda. Questi dati dovranno inoltre essere conservati per le analisi storiche e per il monitoraggio della prestazione in un arco temporale più lungo, al fine di riscontrare l'effettivo miglioramento sul lungo periodo.

3.1.3 Struttura della checklist per l'audit energetico industriale

Secondo quanto riportato nel paragrafo precedente, la fase di flash-audit inizia con la richiesta di una serie di dati al cliente che devono permettere di ricostruire un quadro energetico più possibile completo dello stabilimento. Questo processo di raccolta di informazioni viene eseguito mediante una *checklist* standardizzata che permetta al cliente di fornire in modo semplice ed esaustivo i dati richiesti dai tecnici addetti all'audit ancor prima del sopralluogo in azienda. La struttura della checklist di richiesta dei dati riveste un ruolo chiave in quanto deve permettere di ricavare più informazioni possibile sugli specifici processi così che l'analisi presso lo stabilimento possa essere preparata "ad hoc" e che possano essere già individuate le possibilità di miglioramento operativo e tecnologico disponibili. La struttura della *checklist* è frutto dell'esperienza diretta della società fornitrice dell'audit e deve essere soggetta a continui adattamenti in funzione dell'evoluzione tecnologica e di mercato. Può essere comunque individuata una struttura di base che si articola secondo i seguenti punti.

Dati generali

Dati anagrafici dell'azienda e riguardanti la produzione e i consumi energetici della stessa, nonché l'attuale presenza di sistemi di monitoraggio e gestione dell'energia:

1. Dati anagrafici dell'azienda: ragione sociale, sede legale, sede produttiva, dati della persona di riferimento presso l'azienda.
2. Settore di appartenenza dell'azienda: codice EA, codice NACE, breve descrizione dell'attività produttiva.
3. Eventuali certificazioni: presenza di certificazioni secondo gli standard ISO 14.001, ISO 9.001, ISO 50.001.
4. Descrizione del prodotto.
5. Produzione annua (riferita all'ultimo anno o se disponibile a più anni).
6. Ore di funzionamento annue.
7. Consumi mensili di energia elettrica e combustibili dell'intero stabilimento (da contatori dedicati o fatture relative).
8. Consumi mensili di energia elettrica e combustibili divisi per singolo reparto produttivo (se disponibili).

Dati consumi termici

Dati relativi ai sistemi di generazione e agli utilizzatori di energia termica e frigorifera e alle eventuali sorgenti di energia termica/frigorifera di scarto che potrebbero essere sfruttate:

9. Indicazione delle principali utenze termiche dello stabilimento.
10. Verifica della presenza e descrizione di impianti di combustione dedicati a usi di processo.
11. Verifica dell'utilizzo di gas tecnici presso lo stabilimento e descrizione degli eventuali impieghi.
12. Verifica dell'impiego di vapore di processo e descrizione delle caratteristiche del vapore stesso e degli utilizzi.
13. Verifica dell'impiego di acqua calda di processo e descrizione delle caratteristiche del vapore stesso e degli utilizzi.
14. Verifica della presenza e descrizione di flussi di calore di scarto e di eventuali sistemi di recupero già attivi.

Dati consumi elettrici

Dati relativi specificamente agli utilizzatori di energia elettrica e eventuali sistemi di autoproduzione:

15. Indicazione delle principali utenze elettriche dello stabilimento.
16. Verifica della presenza e descrizione delle caratteristiche tecniche e operative di impianti frigoriferi.
17. Verifica presenza e descrizione delle caratteristiche tecniche e operative di una centrale di compressione aria.
18. Verifica presenza e descrizione delle caratteristiche tecniche e operative di motori elettrici.
19. verifica presenza di impianti di autoproduzione elettrica e descrizione delle caratteristiche tecniche e operative.

Dati aggiuntivi

In questa sezione vengono fatte delle richieste mirate a evidenziare la possibilità di realizzazione di specifici interventi di efficientamento che fanno parte del know-how proprio della società fornitrice dell'audit. Le domande poste in questa sede dovrebbero essere selezionate in funzione del tipo di attività produttiva e delle informazioni fornite nelle sezioni precedenti.

3.1.4 Struttura del report di flash-audit

Il risultato finale dell'analisi dei dati raccolti con la checklist e con il sopralluogo in stabilimento è la produzione di un report di flash-audit che viene consegnato al cliente. Il documento deve perseguire gli obiettivi fondamentali di un flash audit che possono essere riassunti come di seguito:

- Conoscenza del processo produttivo dell'azienda;
- Individuazione delle aree funzionali e delle principali *utilities*;
- Quantificazione dei consumi energetici di stabilimento;
- Suddivisione dei consumi totali per aree funzionali e per *utilities*, individuando i "centri di costo energetico";
- Creazione di indicatori di *performance* energetica;
- Confronto delle prestazioni dello stabilimento e delle sue componenti con le BAT di settore;
- Individuazione e proposta di interventi di efficienza energetica con valutazione dei risparmi ottenibili e analisi economica preliminare degli investimenti.

La struttura tipica di un report di flash-audit è articolata secondo i seguenti punti:

1. Inquadramento generale: comprende un riassunto delle informazioni significative raccolte durante il flash-audit. Riporta solitamente una descrizione generale dell'azienda e del processo produttivo e una presentazione schematica delle caratteristiche dello stabilimento importanti per l'analisi energetica dello stesso.

2. Analisi qualitativa del processo produttivo: comprende una descrizione approfondita del processo produttivo con relativo schema di flusso semplificato e suddivisione in "aree di lavorazione". Vengono inoltre descritti i vettori energetici impiegati, i principali utilizzatori di energia (centrali termiche e frigorifere, centrali di compressione aria, centrali di trattamento aria, etc.) e gli eventuali centri di autoproduzione di energia.
3. Analisi quantitativa dei consumi energetici: si presenta una valutazione della performance energetica attuale dello stabilimento e dei singoli reparti e processi, mediante una serie di indicatori e strumenti. Per ogni vettore energetico impiegato (energia elettrica, gas naturale, altri combustibili,...) viene presentata un'analisi dei consumi e dei costi associati (costo del vettore, andamenti dei consumi distinti per aree produttive, curve di durata dei consumi). Viene costruito il bilancio energetico dell'intero processo di produzione e dei singoli reparti, utilizzando i consumi specifici per unità di prodotto come principale parametro di valutazione dell'efficienza. Vengono presentati e analizzati gli andamenti temporali dei consumi (andamenti durante l'anno "tipo" e su scala pluriennale), la loro ripartizione tra le diverse aree e i costi specifici dell'unità di prodotto in termini di energia primaria. Vengono ricercate ed evidenziate eventuali correlazioni tra i consumi e altre grandezze (tipicamente la produzione). Si presentano i risultati dell'analisi dei "centri di costo": analisi dei costi energetici per unità di energia primaria di ciascun vettore, ripartizione tra le aree produttive dei consumi di energia primaria e dei costi energetici, considerazioni sulla "densità energetica" di ciascuna area e individuazione dei settori più critici.
4. Confronto della situazione attuale con "BAT": vengono confrontati i consumi specifici dell'intero impianto e di ciascuna area o sottoprocesso con le "medie di mercato" di riferimento e con le BAT, viene fornito il "rendimento energetico" di stabilimento.
5. Proposta di soluzioni di miglioramento dell'efficienza energetica: viene proposto un elenco delle migliori opportunità di miglioramento individuate. La valutazione delle possibili soluzioni di miglioramento deve tener conto di una serie di criteri di valenza comune (entità del potenziale di risparmio ottenibile, velocità nel raggiungimento dei risultati, facilità tecnica di realizzazione, minor impatto in termini di fermate alla produzione necessarie) ma anche delle indicazioni e esigenze dell'azienda (volontà di intervenire o meno sul "cuore" dei processi produttivi, eventuali opere già in programma, ecc.). Per ciascun intervento individuato vengono forniti la descrizione tecnica e realizzativa, la stima dei risparmi energetici ottenibili, la stima dei TEE ottenibili, una prima analisi economica (stima dell'investimento, analisi costi-benefici), le eventuali criticità che potrebbero presentarsi.

Il report di flash-audit è lo strumento che deve servire a illustrare al cliente la sua situazione energetica e spingerlo all'implementazione degli interventi di miglioramento individuati, pertanto deve essere presentato ai livelli dirigenziali dell'azienda sede del potere decisionale. Per questi motivi, molto spesso il report deve poter essere letto e apprezzato anche da personale non tecnico e deve quindi essere redatto secondo uno stile lineare, conciso e di semplice comprensione. Qualora, a valle della presentazione del report, l'azienda decida di adottare una delle soluzioni di efficienza energetica individuate, la ESCo procederà alla fase di studio approfondito dell'intervento (*Complete Study*) e all'eventuale proposta di realizzazione mediante un contratto di tipo EPC.

3.2 Sviluppo del software per l'audit energetico

3.2.1 Scopi e principi base del software

Come descritto al paragrafo 3.1.1, l'audit energetico è stato riconosciuto dalla legislazione nazionale ed europea come uno strumento fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica. Riferendosi in particolare al settore industriale, la progressiva diffusione della consapevolezza del problema della gestione dell'energia e dei vantaggi economici ottenibili dalla razionalizzazione dei consumi energetici (anche grazie al meccanismo incentivante dei Certificati Bianchi) ha portato a un forte sviluppo del settore dell'efficienza energetica. In questo contesto le ESCo dotate del *know-how* necessario ad operare nel contesto industriale, si pongono come attore principale in grado, sia di individuare le soluzioni tecnologiche di efficientamento più innovative e più adatte al singolo caso (mediante gli audit energetici), sia di favorirne la concreta implementazione

(mediante contratti EPC). Nonostante la forte specificità delle realtà produttive affrontate che molto spesso necessita di uno studio approfondito del singolo processo produttivo, la pluriennale esperienza di Bartucci SpA le ha permesso di sviluppare una metodologia sistematica ed efficace di realizzazione degli audit. L'esigenza di velocizzare e standardizzare la fase di *flash-audit* ha dato vita all'idea di realizzazione di un'applicazione software che fosse realizzata "su misura" delle modalità di lavoro e del background di esperienza della società. Lo scopo del software è quello di permettere una veloce raccolta dati in fase di flash-audit e di effettuare in maniera rapida e automatizzata le analisi quantitative necessarie alla stesura del report e all'individuazione delle possibili soluzioni di efficientamento. In sintesi, l'obiettivo finale è quello di disporre di uno strumento che assolva le seguenti funzioni fondamentali:

- Raccolta guidata dei dati di flash-audit mediante un'interfaccia digitale semplice e immediata;
- Memorizzazione digitale dei dati di input raccolti in un forma ordinata che le renda disponibili e facilmente consultabili per eventuali ulteriori valutazioni;
- Analisi quantitativa dei consumi energetici (secondo quanto indicato al punto 3 del paragrafo 3.1.4);
- Individuazione degli interventi di miglioramento energetico applicabili al caso in esame e analisi tecno-economica di prima stima;
- Redazione di una "classifica" degli interventi realizzabili in base alla fattibilità economica e tecnica.

Vista la complessità e la forte diversificazione delle realtà impiantistiche riscontrabili nel settore industriale, l'obiettivo di realizzare uno strumento unico che permetta di effettuare in maniera automatica e completa qualsiasi flash-audit è quanto mai ambizioso e forse utopistico. E' chiaro che lo studio di fattibilità, l'analisi economica e la stessa redazione di una "classifica" dei possibili interventi di miglioramento energetico, per essere esaustivi e pienamente affidabili dovrebbero tener conto di una serie di parametri caratteristici del singolo caso specifico in base alla situazione impiantistica, alle condizioni economiche, alle particolari esigenze dell'azienda stessa. Per questi motivi, devono essere ben chiari, agli occhi dello sviluppatore e del futuro utilizzatore, gli inevitabili limiti che presenterà un software per l'audit energetico in termini completezza e grado di approssimazione dei risultati. La necessità di implementare dei modelli che permettano la valutazione tecno-economica di tutte le tecnologie attualmente disponibili fa sì che il completamento dell'opera richieda risorse umane, tecniche e di tempo ben superiori a quelle disponibile per un lavoro di tesi. L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato quello di realizzare la struttura di base di un software che dovrà rappresentare un supporto al lavoro del tecnico responsabile dell'audit, con lo scopo principale di individuare gli interventi di efficientamento più adatti e fornirne un'analisi tecno-economica di prima valutazione cui dovrà necessariamente seguire uno studio approfondito. Pertanto, i vantaggi che ci si prefigge di conseguire con l'utilizzo del software sono un risparmio di tempo e risorse umane nelle fasi di raccolta dati, analisi dei consumi e individuazione delle proposte tecnologiche più performanti. Per quanto riguarda il "database" di soluzioni tecnologiche di cui valutare l'applicazione, il software è stato concepito secondo una struttura modulare che permette di aggiungere facilmente modello tecno-economico di nuove tecnologie. Per ovvie questioni di tempo, in questa fase, è stato necessario limitarsi all'implementazione di un numero limitato di tecnologie; in particolare sono state scelte cinque tipologie di intervento tra quelle più adottate e considerate di maggior potenziale secondo l'esperienza di Bartucci SpA. Essendo il software concepito per essere uno strumento utilizzato dalla stessa ESCo nell'ottica di realizzazione diretta di interventi mediante EPC, eventuali ampliamenti futuri si concentreranno comunque prioritariamente su soluzioni tecnologiche ad alta efficienza interessanti ai fini della ESCo stessa e quindi consistenti in termini potenzialità di risparmio e investimento iniziale.

3.2.2 Struttura generale del software

Le necessità di un'interfaccia grafica di immediato utilizzo, di memorizzare i dati di input in un file accessibile per eventuali successive analisi, di presentare i risultati in un formato facilmente modificabile e integrabile con eventuali aggiunte e/o verifiche numeriche hanno portato alla scelta di Visual Basic accoppiato ad Excel come linguaggio di programmazione idoneo alla realizzazione del

software. In questo modo è stato possibile articolare il codice relativo alle diverse operazioni svolte dal software in maniera modulare e facilmente integrabile soprattutto in termini di aggiunta di modelli tecno-economici di nuove soluzioni tecnologiche da implementare. Le diverse funzioni che devono essere eseguite dal software vengono gestite dal codice "madre" relativo all'interfaccia con l'utente all'interno del quale vengono richiamati i moduli relativi all'analisi tecno-economica di ogni tecnologia e quello relativo all'analisi dei consumi. Gli algoritmi dei moduli relativi alla valutazione dei singoli interventi sono tutti organizzati secondo il medesimo schema logico al fine di semplificarne la modifica e l'aggiornamento. Inoltre, l'utilizzo di *subroutine* e *function* appositamente costruite faciliterà i futuri aggiornamenti delle caratteristiche di prestazione e di costo relative alle diverse tecnologie che saranno necessari al fine di mantenere il software allineato all'evoluzione tecnologica e di mercato. Dal punto di vista dell'utilizzatore, che idealmente dovrebbe essere il tecnico responsabile del *flash-audit*, il software si presenta unicamente mediante la sua interfaccia grafica interattiva che permette un inserimento guidato dei dati e, una volta terminato quest'ultimo, consente di dare il via alle elaborazioni. Una volta terminata l'elaborazione, l'interfaccia si chiude aprendo automaticamente il file dei risultati che consiste in un file in formato Excel composto da numerosi fogli. I dati raccolti rimangono memorizzati ordinatamente in un altro file Excel che rimane a disposizione dell'utilizzatore, facilmente consultabile per successive verifiche o ulteriori analisi più approfondite.

3.2.3 L'interfaccia di inserimento dei dati

L'interfaccia di inserimento dati rappresenta uno strumento fondamentale in quanto deve guidare il tecnico nello svolgimento del flash-audit permettendo un facile e immediato inserimento dei dati. Essa rappresenta l'implementazione digitale della checklist di audit energetico (vedi paragrafo 3.1.3) richiedendo i dati necessari all'analisi energetica dello stabilimento e alla valutazione delle possibili soluzioni tecniche di miglioramento dell'efficienza. Poiché molto spesso, presso gli stabilimenti industriali, risulta difficile trovare tutte le informazioni richieste, è fondamentale che l'interfaccia richieda solo i dati strettamente necessari in modo conciso e flessibile. Nell'ottica di una richiesta delle informazioni svolta direttamente presso l'azienda o verso un responsabile dello stabilimento, è importante anche l'ordine con cui vengono richieste le informazioni che deve essere tale da facilitarne il reperimento. In questo senso, l'interfaccia è stata articolata in sei pagine che propongono un certo ordine logico anche se permettono anche la compilazione in maniera non consecutiva. Fondamentali sono anche i controlli applicati su ogni dato che garantiscono di non poter inserire dati non corretti che darebbero errori in fase di esecuzione e renderebbero necessario interpellare ulteriormente il cliente o addirittura effettuare un secondo sopralluogo. Per lo stesso motivo, alcuni dati fondamentali ai fini delle analisi vengono considerati "obbligatori" imponendo il loro inserimento come condizione necessaria alla partenza della simulazione. Per molte grandezze che notoriamente sono spesso non rintracciabili con precisione, vengono proposti dal software dei valori tipici "medi" di default che devono comunque essere convalidati dall'utente. La pagina di ingresso al software ("Anagrafica") riguarda semplicemente una serie di informazioni generali quali i dati dell'azienda, della persona di riferimento presso l'azienda stessa e del tecnico che andrà a eseguire l'audit.

Fig. 3.1 - Pagina di ingresso nel software.

A seguire, in ordine, si trovano le pagine relative all'inserimento dei dati generali di consumo e produzione dello stabilimento produttivo, dei dati relativi alle utilizzazioni elettriche, dei dati relativi agli utilizzatori di energia termica. C'è poi una pagina denominata "Impostazioni" in cui si chiede di specificare il valore di parametri di scelta che vengono usati nelle valutazioni di tipo economico come il tasso di attualizzazione e il valore da assegnare ai Titoli di Efficienza Energetica. Una volta terminato l'inserimento di tutti i dati, l'utente può dare il via all'elaborazione e uscire dal programma attraverso l'ultima pagina del menù.

3.2.4 L'analisi quantitativa dei consumi energetici

La parte del flash-audit che riguarda l'analisi quantitativa dei consumi intesa secondo quanto descritto al paragrafo 3.1.4 è stata implementata nel software con un modulo a sé stante che viene descritto in maniera dettagliata al paragrafo 3.4. Questa sezione prevede l'analisi dei consumi energetici sia dell'intero stabilimento che dei singoli reparti produttivi: molta importanza viene data alla creazione di rappresentazioni grafiche significative e indicatori di prestazione energetica dello stabilimento che possano essere inseriti nel report da consegnare al cliente. Al fine di individuare eventuali correlazioni (con la produzione, il clima esterno, ecc.) e/o anomalie, vengono costruiti gli andamenti temporali dei consumi elettrici e dei vari combustibili durante l'anno affiancati agli andamenti di produzione. Al fine di evidenziare i consumi di picco, di base e la distribuzione della richiesta durante l'anno, vengono costruite le curve di durata relative ai consumi dei diversi vettori energetici. Per l'intero stabilimento e per i singoli settori vengono calcolati i consumi in termini di energia primaria e, come parametri di prestazione, i consumi energetici specifici e i costi energetici specifici in relazione alla produzione. Al fine di individuare i settori produttivi più critici dal punto di vista energetico, viene fornita la ripartizione dei consumi energetici e dei costi associati tra i vari reparti dello stabilimento. Vengono inoltre calcolati dei parametri di valutazione e confronto dei vettori energetici impiegati quali il contenuto specifico in termini di energia primaria e il costo per unità di energia primaria.

3.2.5 I modelli di valutazione tecno-economica delle possibili soluzioni ad alta efficienza

La parte più importante e significativa del software soprattutto dal punto di vista dell'utilizzatore ESCo è rappresentata dalla possibilità di eseguire in maniera automatica e rapida un'analisi tecno-economica di prima approssimazione di una serie di possibili interventi di miglioramento dell'efficienza energetica. Essendo stato concepito sulla base delle esigenze di Bartucci SpA e quindi soprattutto nell'ottica dell'individuazione di progetti realizzabili mediante contratti EPC, l'interesse ricade unicamente su soluzioni tecnologiche che permettano il conseguimento di risparmi energetici consistenti sia rispetto alla situazione impiantistica esistente ma soprattutto rispetto alla "media di mercato" di settore permettendo il conseguimento di Titoli di Efficienza Energetica. L'attenzione si concentra quindi su interventi di efficientamento "straordinari" che consistono nell'adozione di soluzioni tecnologiche ad elevata efficienza caratterizzate da un investimento iniziale non trascurabile e da un considerevole potenziale di risparmio energetico, e che pertanto si prestino ad essere realizzate dalla stessa ESCo responsabile dell'audit. Come già specificato, la piena potenzialità dell'applicazione verrà raggiunta solo quando saranno implementate tutte le soluzioni tecnologiche che fanno parte del bagaglio della ESCo. Per ovvi motivi di tempo, è stato necessario selezionare un numero limitato di tecnologie da inserire nel software in questa prima fase concentrandosi su alcuni tra gli interventi che, sulla base dell'esperienza di Bartucci SpA, sono caratterizzati da maggiore potenziale di risparmio energetico e/o da maggiore potenziale di diffusione sul mercato. La scelta finale è ricaduta sulle seguenti cinque soluzioni tecnologiche:

1. Motori elettrici ad elevata efficienza;
2. Regolatori elettronici di frequenza su motori azionanti pompe;
3. Regolatori elettronici di frequenza su motori azionanti ventilatori;
4. Recupero termico per produzione di energia elettrica mediante impianto ORC;
5. Recupero termico per usi termici civili (teleriscaldamento).

Le motivazioni alla base di queste scelte sono riportate nei capitoli dedicati ad ognuna di queste tecnologie, ad ogni modo vale la pena anticiparle brevemente. Per motori elettrici e regolatori elettronici di velocità, la principale motivazione sta nell'enorme potenziale di diffusione dovuto all'elevata percentuale di risparmio ottenibile raffrontata al basso costo di installazione e alla semplicità applicativa. Nel campo degli inverter sono stati scelti pompe e ventilatori come dispositivi azionati in quanto sono i casi che permettono di conseguire il maggior risparmio energetico relativo (carichi a coppia quadratica) e poiché sono tra le macchine più largamente diffuse in ambito industriale. Nell'ambito del recupero termico da processi industriali, cui è associato un enorme potenziale di risparmio energetico a livello nazionale, sono stati considerati lo sfruttamento del calore per usi termici civili (mediante rete di teleriscaldamento) e lo sfruttamento per generazione elettrica mediante ORC. Entrambi questi interventi, al contrario dei precedenti, sono caratterizzati da un elevato impegno tecnologico ed economico e pertanto si prestano in maniera particolare alla realizzazione da parte di una ESCo. Essendo inoltre, interventi tipicamente applicabili presso stabilimenti industriali caratterizzati da grosse entità di calore ad alta temperatura disponibili con costanza durante l'anno, essi risultano essere di particolare interesse per il target di clienti su cui si concentra l'attività di Bartucci SpA. Per ciascuna di queste soluzioni tecnologiche è stato realizzato un modello tecno-economico che è stato implementato nel software con un modulo dedicato. Il modulo relativo a ciascuna tecnologia, partendo dai dati raccolti in input, verifica l'applicabilità della tecnologia stessa e l'eventuale possibilità di più installazioni nello stesso stabilimento, effettua un'analisi tecnica di prima stima mirata alla previsione del risparmio energetico conseguibile ed esegue un'analisi economica dell'investimento nell'ipotesi che venga realizzato da parte della ESCo. In linea con quelli che sono gli obiettivi del software e i dati disponibili in fase di audit, l'analisi relativa all'applicazione della singola tecnologia deve essere fatta, con adeguato margine di approssimazione, senza entrare nel merito dell'apparecchiatura che verrà installata né scendere in dettagli progettuali ed economici. Per questo, all'interno dei modelli relativi ai singoli interventi, è stato necessario inserire delle curve relative a parametri di prestazione delle tecnologie e voci di costo che ne fornissero una stima del valore in funzione dei parametri che maggiormente lo influenzano. Tali curve, sono state costruite su dati statistici ricavati da cataloghi e offerte di costruttori e da letteratura, cercando di ricostruire più

fedelmente possibile la situazione di mercato attuale. Una prospettiva interessante per eventuali futuri miglioramenti del software potrebbe essere quella di implementare il calcolo automatico di tali curve basandosi su un database contenente i dati relativi alle varie tecnologie che potrebbe essere costantemente tenuto aggiornato e ampliato dagli stessi utilizzatori del programma.

3.2.6 La redazione della classifica degli interventi

Una volta eseguita la valutazione tecno-economica di tutti gli interventi di efficientamento energetico applicabili presso lo stabilimento in oggetto, il software redige una classifica delle soluzioni che la ESCo propone al cliente in sede di report di flash-audit. I criteri scelti su cui si basa l'ordinamento degli interventi sono stati elaborati in collaborazione con i tecnici di Bartucci SpA condividendo i parametri di scelta e le logiche che vengono da loro utilizzate in fase di valutazione della fattibilità di progetti mediante EPC. La classifica viene costruita ordinando gli interventi in maniera decrescente in base a una votazione che può andare da 0 a 10 che è a sua volta data dalla somma di due contributi: una votazione "economica" che pesa per l'80% e una votazione "realizzativa" che pesa solamente per un 20%. In linea teorica, votazione realizzativa dovrebbe rispecchiare la facilità di applicazione della tecnologia considerata all'interno dell'impianto specifico tenendo conto di numerosi fattori quali: la complessità della tecnologia stessa, la sua disponibilità sul mercato, l'impatto sulla produzione dei lavori di installazione, la situazione impiantistica specifica, la localizzazione dello stabilimento, le esigenze manifestate dall'azienda stessa. Non potendo disporre di questi dati di dettaglio nella fase di prima valutazione in cui si colloca il software, è stato scelto di assegnare un peso limitato alla componente realizzativa a cui viene assegnato un valore di default in base alla complessità della tecnologia in termini di progettazione, trasporto e installazione (decrescente all'aumentare dell'impegno tecnologico, progettuale e impiantistico). Ad esempio, viene assegnato un valore basso a interventi come il recupero termico mediante impianti ORC caratterizzati da una notevole complessità di progettazione e installazione, e un valore molto alto agli inverter che possono essere solitamente installati con facilità sui motori elettrici presenti in qualsiasi impianto. La componente che maggiormente pesa nella valutazione degli interventi è quella economica che assume un valore compreso tra 0 e 10 in funzione del valore dei tre parametri di valutazione economica dell'investimento individuati come più significativi: tempo di Pay-Back (PB), Investimento iniziale (I), Tasso Interno di Rendimento (TIR). Per una definizione di questi tre parametri di valutazione degli investimenti si rimanda al paragrafo 3.3. Poiché il valore del TIR va confrontato con il valore del tasso di interesse specifico del caso in esame, il contributo relativo al TIR stesso può assumere valore nullo se inferiore al tasso di interesse, compreso tra 1 e 2 se superiore, 2 se maggiore al 30%. Il peso associato a PB e I nella votazione economica viene fatto variare in funzione dell'entità dell'investimento poiché, evidentemente, al crescere dell'investimento iniziale cala la soglia decisionale di PB giudicata accettabile dall'investitore. Sono state individuate 5 fasce di investimento caratterizzate da un diverso peso dell'indicatore associato a PB e I: per la prima fascia viene assegnato un voto compreso tra 0 e 4 al PB e compreso tra 0 e 2 al I, per l'ultima fascia il voto relativo al PB assume valore massimo 2 mentre quello relativo al I assume valore massimo 4. I contributi relativi a TIR, PB, I vengono sommati ottenendo una votazione economica compresa tra 0 e 10. Sono stati imposti limiti massimi pari a 10 milioni di euro per l'investimento iniziale e 10 anni per il Pay-Back il cui superamento implica votazione economica nulla.

3.2.7 Il file di output

I risultati delle elaborazioni svolte dal software per l'audit energetico vengono forniti in un unico file che si apre automaticamente alla chiusura del programma. Per facilitare eventuali future modifiche e aggiunte e per permettere un facile utilizzo dei risultati nella stesura del report di flash-audit, il file di output è un file Excel articolato in diversi fogli secondo un ordine logico che riprende quello dello stesso report. Il foglio iniziale rappresenta una sorta di intestazione che riporta i dati del cliente dell'audit, del referente presso l'azienda e del tecnico responsabile dell'audit. Il secondo foglio riporta i

risultati dell'analisi quantitativa dei consumi per l'intero stabilimento mentre il terzo foglio riporta l'analisi dei consumi per i singoli settori produttivi; nel paragrafo 3.4 viene descritto come sono articolati nel dettaglio. Il foglio successivo riporta la classifica delle proposte di interventi di miglioramento energetico riportando per ciascuno le votazioni economica, realizzativa e globale assegnate secondo le modalità descritte al paragrafo precedente. A quest'ultimo, seguono i fogli relativi all'analisi tecno-economica dei singoli interventi le cui modalità verranno ampiamente trattate nei capitoli successivi.

posizione	intervento	valutazione economica	valutazione realizzativa	valutazione globale
1	1) Installazione inverter su ventilatori	10,00	10,00	10,00
2	2) Installazione inverter su pompe	10,00	10,00	10,00
3	3) Recupero termico con teleriscaldamento	9,61	2,50	6,19
4	4) Sostituzione motori elettrici con motori premium efficiency	4,92	8,75	5,69
5	5) Recupero termico con impianto ORC	2,19	3,75	2,80

Fig. 3.2 - Esempio del foglio di output relativo alla classifica delle proposte di intervento.

Ad ogni proposta di intervento di efficienza energetica è dedicato un foglio che riporta i principali risultati dell'analisi tecno-economica sia per la singola applicazione sia per l'intervento complessivo che ingloba tutti gli interventi di quel tipo qualora vi sia la possibilità di molteplici installazioni presso lo stabilimento. I fogli dei risultati relativi a ciascuna delle tecnologie implementate ricalcano tutti lo stesso schema di base e per la descrizione dettagliata si rimanda ai capitoli successivi. In generale, per il singolo intervento viene riportata la taglia della tecnologia installata e eventuali altre caratteristiche funzionali significative, il risparmio energetico annuo stimato, il numero di Titoli di Efficienza Energetica conseguibili, il tempo di Pay-Back e il Valore Attuale Netto dell'investimento. Per l'intervento complessivo vengono riportati il numero di dispositivi installati, l'investimento iniziale totale, il risparmio energetico stimato annuo, il numero di TEE annui, la tipologia di TEE, il superamento o meno della dimensione minima ai fini dell'ottenimento di TEE, la tipologia di intervento ai fini dell'ottenimento dei TEE (e il numero della relativa scheda tecnica nel caso di intervento standardizzato o analitico). Per quanto riguarda l'analisi economica dell'investimento vengono forniti i seguenti parametri:

- Tempo di Pay-Back (PB);
- Valore Attuale Netto (VAN);
- Tasso Interno di Rendimento (TIR);
- Costo dell'Energia Conservata o prodotta (CEC);
- Percentuale di share dei risparmi "ottima" (così come definita al paragrafo seguente).

Per dettagli in merito alle modalità di analisi economica si rimanda al paragrafo seguente.

SOSTITUZIONE COMPLESSIVA		DETTAGLI PER "GRUPPO DI MOTORI UGUALI"									
9	Numero motori	16	ID adattamento	Pn [kW]	funzionamento (ore/anno)	n motori	investimento [€]	Risparmio elettrico	TEE[anno]	PB [anni]	VAN [€]
10	Investimento [€]	105259,6	1	100	8700	8	51153,6	63559,1657	84,044842	3,44311	11428,6368
11	Risparmio in elettrica [€/anno]	254109,85	2	50	8700	5	17434	57564,99157	28,526332	7,06744	-7087,5585
12	TEE[anno]	125,32	3	200	0	5	0	0	0	0	0
13	tipo TEE	tipo 1	4	250	8570	3	36612	26945,74356	13,352963	31,5384	-31731,272
14	Superata la soglia minima di TEE?	si									
15	Baseline calcolo TEE	situazione attuale									
16	Tipologia intervento	a consuntivo									
17	PB [anni] con share 50%	4,73									
18	VAN [€] con share 50%	-11432,63									
19	TIR con share 50%	1,689324									
20	CEC [€/kWh]	0,18									
21	Share dei risparmi per avere un PB di anni	4,00									
22		68,58%									

Legenda	
8-10	Valutazione ottima
6-8	Valutazione buona
4-6	Valutazione discreta
2-4	Valutazione bassa
0-2	Valutazione pessima

Fig. 3.3 - Esempio del foglio di output relativo alla proposta di sostituzione dei motori elettrici.

3.3 Modalità di valutazione economica degli investimenti di efficienza energetica

La valutazione economica dei diversi interventi di efficienza energetica viene eseguita mediante una classica analisi costi-benefici che viene eseguita basandosi sui risultati del modello tecno-economico implementati per la singola tecnologia. Come già specificato più volte, il punto di vista adottato dal software è quello della ESCo che deve valutare la possibile realizzazione di interventi mediante contratti EPC (vedi paragrafo 1.7.2); pertanto la valutazione economica è stata impostata secondo questa logica discostandosi dalla tipica analisi economica di investimenti diretti in impianti energetici. L'ipotesi di base è quella di un contratto EPC di tipo *Shared Savings* in cui è la stessa ESCo a farsi carico dell'intero investimento iniziale e i risparmi energetici vengono condivisi secondo una certa percentuale di *share*. Molto spesso la percentuale di share viene fatta variare in modo decrescente durante gli anni del contratto in base alle caratteristiche del caso specifico. Anche la durata del contratto non è nella realtà sempre la stessa ma viene scelta in base alle peculiarità del caso. Nell'algoritmo del software ci si è posti in condizioni "medie" ipotizzando una percentuale di condivisione dei risparmi del 50% tra ESCo e cliente e una durata del contratto di 5 anni, coincidente con la durata del periodo di ottenimento di eventuali TEE. Secondo la prassi tipicamente seguita Bartucci SpA, il ricavo della vendita degli eventuali Certificati Bianchi ottenuti viene invece trattenuto interamente dalla ESCo. Oltre alla stima del costo di investimento iniziale, dei costi di gestione e manutenzione annuali e del risparmio (o produzione) di energia annuo che vengono forniti dai modelli implementati per la singola tecnologia, rivestono grande importanza altre grandezze economiche quali il tasso di interesse, il prezzo dell'energia (elettrica o combustibili) e la valorizzazione attribuita ai TEE. Il tasso di interesse è un dato di input del software che viene scelto dall'utilizzatore; esso infatti dipende dalle percentuali di copertura finanziaria dell'investimento iniziale mediante capitale proprio e capitale di debito, nonché dal costo del denaro e dal livello di rischio dell'investimento stesso. Come valore di default viene proposto un tasso medio del 6%. Anche il valore da attribuire ai Titoli di Efficienza Energetica può essere impostato dall'utente di volta in volta; come valore di default viene proposto cautelativamente (rispetto agli attuali valori di mercato) 90 /tep. Analogamente, anche per i prezzi dell'energia elettrica e degli eventuali combustibili possono essere inseriti in input i valori propri dello stabilimento o, qualora non disponibili, si possono utilizzare i valori di default proposti dal software (per l'energia elettrica, ad esempio, si propone un valore tipico di 0,10 /kWh. In un'analisi economica rigorosa è necessario, inoltre, tener conto della

presenza dell'inflazione e degli eventuali aumenti differenziati dei prezzi rispetto all'inflazione stessa. Visto l'elevato grado di approssimazione intrinsecamente insito nelle analisi svolte dal software (coerentemente con lo scopo del software stesso) è stato scelto di trascurare l'influenza dell'inflazione in sede di analisi economica; tale semplificazione risulta peraltro largamente accettabile se si considera la brevità dell'orizzonte temporale considerato e l'attuale bassissimo livello del tasso di inflazione nazionale (dovuto alla recente crisi economica). Tra i molti parametri che si prestano alla valutazione di investimenti in campo energetico è stato scelto di utilizzare i seguenti:

Tempo di ritorno (Pay-Back)

E' l'indicatore di più semplice e di immediata interpretazione, rappresenta il numero di anni necessari affinché le entrate nette eguaglino l'investimento iniziale: minore è il suo valore e più velocemente si copre l'investimento iniziale e si iniziano a realizzare guadagni netti. E' definito come:

$$PB = \frac{I}{E_i} \quad (3.1)$$

dove I è l'investimento iniziale () ed E_i è il flusso di cassa netto annuale (/anno). Nel caso generale di un intervento di efficienza energetica che permette di ottenere TEE, il flusso di cassa annuo si calcola come:

$$E_i = RISP_{en} - p_{en} + TEE - C_{O\&M} \quad (3.2)$$

dove $RISP_{en}$ è il risparmio di energia annuo, share è la percentuale dei risparmi che viene trattenuta dalla ESCo, p_{en} è il prezzo dell'energia, TEE è il numero di TEE annui, p_{TEE} è la valorizzazione dei TEE, $C_{O\&M}$ è il costo annuale di gestione e manutenzione. I principali limiti dell'indicatore PB sono che risulta veritiero solo su brevi orizzonti temporali in quanto non tiene conto dell'attualizzazione e che non tiene conto della redditività dell'investimento nell'arco dell'intera vita utile dello stesso. Ovviamente un investimento è tanto migliore quanto più è ridotto il PB; in generale nell'imprenditoria privata si considerano buoni valori inferiori ai 2-3 anni e si assume come limite massimo 4-5 anni.

Valore Attuale Netto

Il Valore Attuale Netto rappresenta il valore attuale della serie attesa di flussi di cassa al netto dell'investimento iniziale ed è definito come:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{(1+a)^i} \quad (3.3)$$

dove E_i è il flusso di cassa all'anno i-esimo, n è la vita utile considerata, a è il tasso di interesse o di attualizzazione. Pregio di questo indicatore è l'immediata interpretazione: esso misura il risultato finale dell'operazione in termini attualizzati. Pertanto un investimento con VAN maggiore di zero crea valore mentre uno con VAN negativo rappresenta una perdita. Il limite principale è che è un indice assoluto e, pertanto, a parità di redditività, privilegia investimenti di maggiori dimensioni.

Tasso Interno di Rendimento

Il Tasso Interno di Rendimento è definito come il valore del tasso di interesse (a) per il quale risulta VAN nullo sulla vita utile considerata. Esso non può essere calcolato per via diretta ma richiede un metodo iterativo. Un progetto di investimento risulta accettabile se il TIR risulta superiore al costo opportunità del capitale cioè al tasso di interesse preso a riferimento (a). Qualora non si conosca con precisione il tasso di sconto di riferimento, questo indicatore perde di significato.

Costo dell'Energia Conservata

Il Costo dell'Energia Conservata o prodotta (o Costo del kWh risparmiato) è un indicatore economico concepito appositamente per gli investimenti in campo energetico (atti a conseguire un risparmio sull'energia acquistata) che è definito come:

(3.4)

Esso può essere interpretato come il costo associato a ogni unità di energia risparmiata in futuro attualizzata ad oggi e deve essere pertanto confrontato con il prezzo di acquisto dell'energia stessa. Se il CEC risulta inferiore al prezzo dell'energia l'investimento significa che è effettivamente più conveniente adottare la soluzione proposta ottenendo un certo risparmio energetico piuttosto che continuare a consumare (acquistare) quella quantità di energia. Questo indicatore non si presta molto ad essere applicato a interventi realizzati da ESCo mediante EPC poiché, in questi casi, è il cliente a beneficiare del risparmio in bolletta mentre è la ESCo a farsi carico dell'investimento iniziale. Teoricamente quindi, il CEC risulta nullo per il cliente mentre non è calcolabile dal punto di vista della ESCo che non beneficia di un risparmio energetico ma di una remunerazione economica. Si è scelto comunque di inserirlo nell'analisi economica svolta dal software in quanto significativo in termini della "bontà" in senso assoluto della soluzione tecnologica proposta. Pertanto, a differenza degli altri parametri economici, viene calcolato considerando l'investimento iniziale e l'intero risparmio energetico annuo, e viene confrontato con il prezzo dell'energia del cliente.

Share "ottimo"

Oltre ai classici indicatori economici d'investimento, è stato inserito questo parametro aggiuntivo tra i risultati dell'analisi economica di ciascun intervento forniti dal software. Poiché tutte le analisi vengono effettuate in ipotesi di una percentuale di share dei risparmi del 50% e poiché la percentuale di share è una delle variabili cruciali dei contratti EPC, è stato ritenuto opportuno fornire un'indicazione che orientasse il tecnico responsabile dell'audit nell'individuazione di una diversa percentuale di share anche senza realizzare un'analisi di "sensibilità" completa. La grandezza che viene fornita in output è stata definita "share ottimo", non ha una definizione univoca e viene calcolata come di seguito. Anzitutto viene calcolato il PB (PB_{100}) in ipotesi di trattenimento totale dei risparmi da parte della ESCo (100% di share). Se tale grandezza risulta inferiore a 2 anni, lo share ottimo viene calcolato come la percentuale di share necessaria ad ottenere un PB di 2 anni. Se PB_{100} risulta compreso tra 2 e 3, lo share ottimo si calcola come lo share necessario ad ottenere un PB pari a 3. Si prosegue con questa logica fino a 5 anni; superata tale soglia viene riportato in output il valore di PB con il 100% di share. Essendo il parametro "share ottimo" altamente significativo, è stato scelto di realizzare anche una seconda versione del software che esegue l'analisi economica di ogni intervento adottando come percentuale di share dei risparmi proprio quella calcolata secondo la metodologia appena descritta.

3.4 Implementazione nel software per l'audit energetico dell'analisi e mappatura dei consumi di stabilimento

3.4.1 Dati in input

La pagina dell'interfaccia di raccolta dati del software denominata "generale" ricalca quella parte della checklist di flash-audit che mira a raccogliere le informazioni generali che saranno necessarie a eseguire un'analisi quantitativa dei consumi energetici secondo lo schema descritto al paragrafo 3.1.3. Come prima cosa, viene richiesto di specificare quali vettori energetici impiegati nello stabilimento e le relative caratteristiche. Per l'energia elettrica viene unicamente richiesto il prezzo medio di acquisto, con un valore di default proposto di 0,10 /kWh. Viene poi richiesto di individuare i combustibili impiegati e di specificare per ognuno potere calorifico inferiore e prezzo di acquisto: l'utente può selezionare i combustibili impiegati direttamente da un elenco che contiene tutti i più comuni (gas naturale, gasolio, benzina, gpl, olio combustibile, carbon coke, carbon fossile, biomassa, rifiuti) o può inserire eventuali combustibili particolari non contemplati nell'elenco. La parte successiva riguarda le caratteristiche della produzione dell'intero stabilimento: vengono richiesti il codice EA e NACE dell'azienda, una breve descrizione dell'attività e del prodotto finale, l'eventuale presenza di certificazioni ISO (quali ISO 9.001, ISO 14.001, ISO 50.001). Queste informazioni sono utili soprattutto al tecnico responsabile dell'audit per inquadrare la tipologia di attività produttiva ai fini di

confronti con le BAT di settore e per conoscere l'eventuale presenza di procedure e sistemi di monitoraggio associati a certificazioni ISO conseguite dall'azienda. Il passo successivo è l'inserimento dei dati operativi di produzione quali il numero di ore annue di funzionamento, i dati di produzione annuale o mensili qualora disponibili. A questo punto è possibile inserire i dati di produzione e consumo dei singoli settori produttivi in cui è possibile dividere l'azienda: per ogni settore vengono richiesti i valori mensili (o solo annuali qualora non disponibili) di produzione e dei consumi elettrici e di tutti i combustibili presenti in azienda.

ANAGRAFICA | **GENERALE** | SEZIONE ELETTRICA | SEZIONE TERMICA | IMPOSTAZIONI | CALCOLA ED ESCI

BARTUCCI

AUDIT ENERGETICO: INFORMAZIONI GENERALI

DATI FONTI ENERGETICHE IMPIEGATE

Prezzo energia elettrica [euro/kWh]

Selezionare i combustibili impiegati nell'impianto e descriverne le proprietà:

Combustibile	Potere Calorifico Inferiore [MJ/Smc]	Prezzo [euro/Smc]	Prezzo [euro/kg]
<input type="checkbox"/> 0. Gas Naturale	<input type="text" value="34,53"/>	<input type="text" value="0,35"/>	
<input type="checkbox"/> 1. Gasolio	<input type="text" value="42,7"/>	<input type="text" value="0,89"/>	
<input type="checkbox"/> 2. Benzina	<input type="text" value="43,95"/>	<input type="text" value="0,98"/>	
<input type="checkbox"/> 3. Olio combustibile	<input type="text" value="41,02"/>	<input type="text" value="0,97"/>	
<input type="checkbox"/> 4. Carbon coke	<input type="text" value="29,3"/>	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 5. Carbon fossile	<input type="text" value="30,98"/>	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 6. GPL	<input type="text" value="46,05"/>	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 7. Biomassa	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 8. Biogas	<input type="text" value="18,8"/>	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 9. Rifiuti	<input type="text" value="10,46"/>	<input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> 10. Altro	Fuel 10 Nome <input type="text"/> Unità di misura <input type="text"/> Potere Calorifico Inferiore [MJ/unità] <input type="text"/> Prezzo [euro/unità] <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> 11. Altro	Fuel 11		

Fig. 3.4 - Inserimento dei dati relativi ai combustibili presenti.

UserForm1

ANAGRAFICA | GENERALE | SEZIONE ELETTRICA | SEZIONE TERMICA | IMPOSTAZIONI | CALCOLO ED ESCI

DATI PRODUZIONE DELL'AZIENDA

Codice EA azienda (tralasciare se non noto)

Codice NACE azienda (tralasciare se non noto)

Breve descrizione attività

Breve descrizione prodotto

Certificazioni in possesso dell'azienda:

ISO 14.001

ISO 9.001

ISO 50.001

Riferendosi all'anno solare appena trascorso inserire:

Ore di produzione/funzionamento

Unità di misura di prodotto

Sono disponibili i valori di produzione mensile?

Cliccare qui per inserire i 12 valori mensili di produzione in

Produzione totale dell'impianto

Fig. 3.5 - Inserimento dei dati relativi alla produzione dell'intero stabilimento.

Fig. 3.5 - Inserimento dei dati di produzione e consumo dei singoli settori produttivi.

