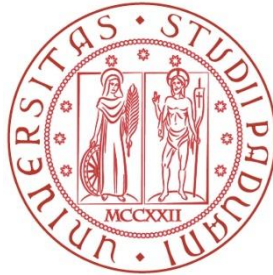


Università degli Studi di Padova



Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

Tesi di Laurea Magistrale

**METODOLOGIE INNOVATIVE PER INTERVENTI DI
RISPARMIO ENERGETICO TRAMITE ESCO: GLI
ENERGY PERFORMANCE CONTRACTS**

Relatore: Ch.mo Prof. Arturo Lorenzoni

Correlatore: Ing. Andrea D'Ascanio

Laureando: Andrea Battilana

Matricola:1109104

Anno Accademico 2016/2017

SINTESI

Il presente elaborato inizierà con una descrizione del ruolo svolto dalle ESCO nel panorama energetico italiano ed europeo, riportando una spiegazione delle principali modalità contrattuali che queste aziende possono sottoscrivere, la normativa che le regola, nonché i principali progetti che stanno nascendo in Europa al fine di promuovere gli interventi di risparmio energetico tramite il supporto di queste aziende. Seguirà una descrizione dettagliata dei passi da compiere e delle metodologie più comuni per la creazione degli Energy Performance Contracts. La parte centrale della tesi riguarderà la definizione di un contratto EPC su misura per la riqualificazione di una centrale termica a servizio di una scuola ed uno ostello situati a Bassano del Grappa: si partirà dalla valutazione delle prestazioni dell'intervento secondo normativa per poi proseguire con la creazione della Baseline energetica a partire dai consumi dichiarati dall'utente, arrivando alla definizione del risparmio e alla redazione di un opportuno Business Plan per valutare la redditività dell'investimento. Per il medesimo intervento si riporterà il finanziamento secondo la metodologia contrattuale degli Energy Service Contract Plus, allo scopo di evidenziarne le differenze. Infine l'EPC verrà valutato per poter essere applicato ad utenze residenziali caratterizzate da un profilo di consumo più basso, quali i condomini. Il presente elaborato è stato svolto in collaborazione con Sinergia S.C., Energy Service Company del Comune di Vicenza.

A norma di legge “Sinergia S.C.” si riserva la proprietà del presente elaborato che pertanto non può essere né utilizzato né comunicato a terzi senza la preventiva autorizzazione.

INDICE

1	Introduzione	1
1.1	Global Warming.....	1
1.2	L'efficienza energetica in Italia e in Europa.....	4
1.2.1	Le Detrazioni fiscali del 65%.....	6
1.2.2	Il Conto Termico 2.0	7
1.2.3	I Titoli di Efficienza Energetica.....	8
2	Le Energy Service Companies	9
2.1	Definizione.....	9
2.2	Breve panoramica sulle diverse tipologie contrattuali	10
2.2.1	I Contratti di Fornitura di Energia.....	10
2.3	La normativa UNI CEI 11352.....	12
2.3.1	Requisiti, Attività e Capacità di una ESCO	12
3	Gli Energy Performance Contracts	15
3.1	Metodi contrattuali	16
3.1.1	Descrizione del Contratto "First Out"	16
3.1.2	Descrizione del Contratto "Shared Saving"	16
3.2	Il Finanziamento	18
3.3	Breve panoramica sulla situazione degli EPC in Italia e in Europa	21
3.4	Voci principali di un contratto EPC.....	24
3.4.1	Sopralluogo ed indagine conoscitiva.....	24
3.4.2	Determinazione della Baseline.....	25
3.4.3	La figura del "Terzo Responsabile"	28
3.4.4	La fase di Gestione e Manutenzione	29

3.4.5	Monitoraggio e Verifica dei risparmi.....	33
3.4.5.1	L' IPMVP.....	33
3.4.6	Principali rischi e criticità.....	38
4	Tecnologie innovative per la climatizzazione	41
4.1	Le pompe di calore Robur GAHP-A.....	44
4.2	Descrizione del ciclo ad assorbimento nelle unità GAHP-A	50
4.3	Altre tecnologie	52
4.4	Calcolo delle prestazioni stagionali	55
4.4.1	Descrizione del metodo dei bin	55
4.4.2	Caratterizzazione della Pompa di Calore.....	59
5	Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano	67
5.1	L'intervento	67
5.1.1	Baseline dei consumi	68
5.1.2	Prestazioni ante-intervento.....	71
5.1.3	Prestazioni post-intervento.....	74
5.2	Definizione del risparmio	77
5.2.1	Risultati.....	80
5.2.2	Ripartizione dei risparmi	82
5.2.2.1	Equal Performance	82
5.2.2.2	Under Performance	84
5.2.2.3	Over-Performance.....	85
5.3	Business Plan	87
5.3.1	Principali voci di un Business Plan.....	87
5.3.2	Risultati finanziari.....	90
5.4	Finanziamento attraverso la formula ESC+	98

5.5	Applicazione della metodologia per un intervento in condominio.....	103
6	Conclusioni.....	109
7	Bibliografia.....	111

1 Introduzione

1.1 Global Warming

A Dicembre 2015 è stato approvato a Parigi uno dei più importanti accordi sul clima degli ultimi anni, sottoscritto e approvato da ben 196 paesi del mondo al fine di porre un freno alle emissioni di gas climalteranti. In estrema sintesi l'accordo prevede, innanzitutto, il contenimento al rialzo della temperatura media globale "ben al di sotto dei 2°C" (1), con l'impegno a fermarsi agli 1,5°C. Per centrare l'obiettivo è necessario un calo delle emissioni già a partire dal 2020, nonché controlli periodici degli obiettivi da attuarsi ogni cinque anni (il primo bilancio globale si terrà nel 2023), ma già dal 2018 si chiederà agli Stati aderenti di effettuare un taglio delle emissioni, obiettivo che secondo molti ambientalisti risulta ancora ambizioso. Inoltre, secondo l'accordo, i paesi di più vecchia industrializzazione dovranno stanziare all'incirca cento miliardi all'anno a partire dal 2020 per diffondere nel mondo l'utilizzo e la coscienza di tecnologie rinnovabili al fine di decarbonizzare l'economia: un'ulteriore obiettivo finanziario verrà fissato nel 2025. Inoltre l'accordo ha previsto un sostegno economico per tutti quei paesi in via di sviluppo, in cui l'industrializzazione ha cominciato a svilupparsi in questi ultimi anni, e che potrebbero, ovviamente, venire penalizzati. L'accordo si pone in un momento quanto mai necessario per fronteggiare la minaccia, sempre più crescente, del riscaldamento globale: dai dati emersi da uno studio dell'NCEP (2) (National Centers for Environmental Prediction), agenzia statunitense di controllo e monitoraggio climatico, il 2016 è risultato essere il più caldo degli ultimi anni, registrando un'anomalia di 0,67°C in aumento rispetto al trentennio 1981-2010. Se invece il confronto viene effettuato con i valori di temperatura del periodo preindustriale, l'aumento della temperatura media globale di quest'ultimo anno si attesta intorno agli 1,3°C. Dai dati riportati nello studio sopracitato, si può facilmente intuire ed affermare che il riscaldamento globale persiste, smontando e sminuendo le affermazioni che, anno dopo anno, dichiarano il suo presunto arresto. Osservando la distribuzione spaziale delle temperature riscontrate in questo ultimo anno, il picco dell'innalzamento della temperatura media annua lo si può vedere localizzato nell'Artico e nell'area del Pacifico Centrale, i cui effetti si ripercuotono nell'aumento delle calamità naturali, come ad esempio gli uragani.

1.Introduzione

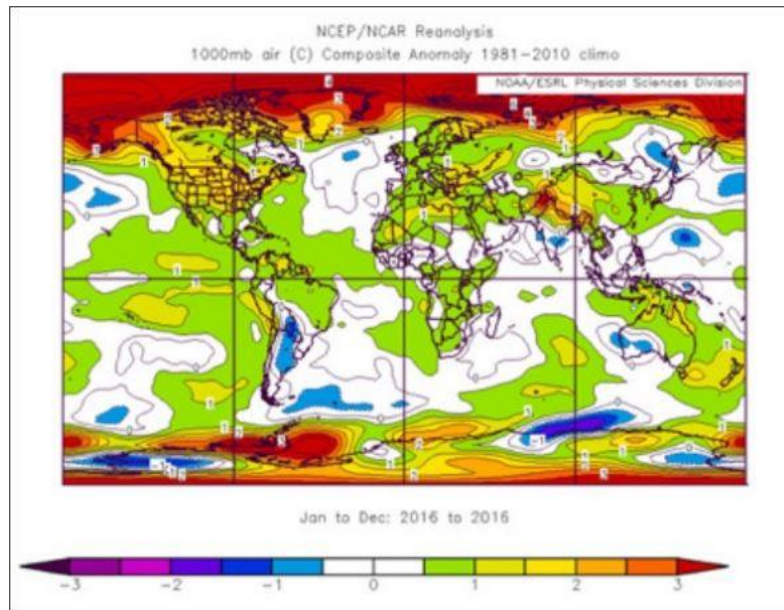


Figura 1-Incremento temperatura media globale

Recenti studi hanno affermato che l'Europa dovrà abbandonare prima del previsto i suoi impianti a carbone al fine di rispettare gli accordi di Parigi sul taglio delle emissioni inquinanti: a tal proposito l'istituto no-profit *Climate Analytics* ha pubblicato una lista delle 20 centrali a carbone più grandi d'Europa per potenza installata alle quali si consiglia la "chiusura" nell'arco del decennio 2021-2031, pena l'inosservanza degli accordi di Parigi. Tra queste sono presenti anche due centrali italiane, localizzate a Brindisi Sud e Torrevaldaliga Nord, con 2640 MW e 1980 MW di potenza installata rispettivamente.

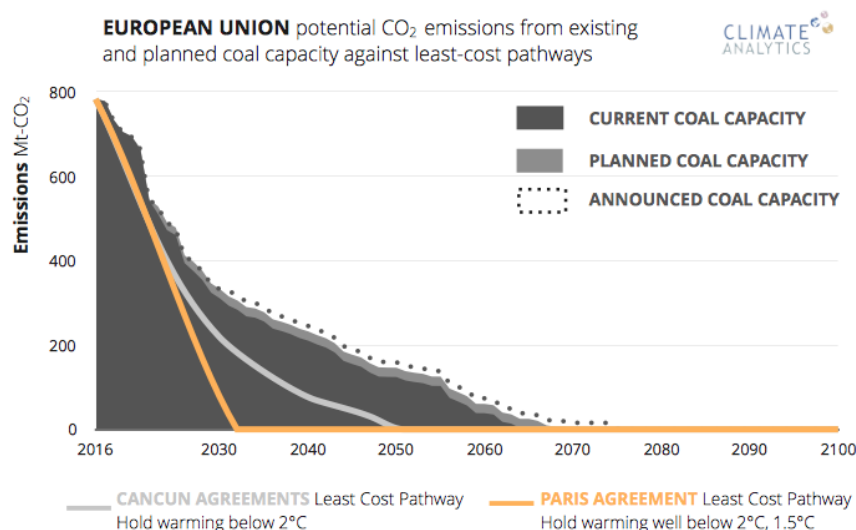


Figura 2-Livelli di decarbonizzazione attuali e pianificati

Rimanendo in Italia, i dati che emergono non sono tra i più ottimistici. Uno studio pubblicato da Legambiente in base all'elaborazione dei dati Arpa all'inizio del 2017 (3), riporta una classifica delle 32 città italiane che hanno superato, nel 2016, la soglia di polveri sottili consentita per legge. A fronte di un numero massimo di 35 giorni all'anno caratterizzati da concentrazioni superiori ai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Torino raggiunge la quota di 86, Frosinone 85, Milano e Venezia 73 e a seguire Vicenza, con un valore di 71 giorni. I valori sono in netto calo rispetto alla situazione dell'anno 2015 ma ulteriori sforzi dovranno essere fatti. A tal proposito è importante e necessario citare l'autorizzazione del Presidente della Repubblica alla ratifica degli accordi sul clima di Parigi, col la quale si conferma l'impegno dell'Italia a spendere 1.450.000 euro per l'anno 2017 e 2.050.000 euro per l'anno 2018 al fine di mitigare le emissioni di gas serra, aiutare i paesi in via di sviluppo ad affrontare le difficoltà economiche derivanti dalla politica ambientale, nonché promuovere campagne di informazione, formazione e sensibilizzazione rivolte alla collettività, allo scopo di creare una maggior coscienza della criticità del problema. Con tale ratifica, lo Stato italiano si impegna, inoltre, a corrispondere 50 milioni di euro, per ciascuno degli anni dal 2016 al 2018, alla prima capitalizzazione del Green Climate Fund, istituito durante la COP16 della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

1.2 L'efficienza energetica in Italia e in Europa

Con l'attuazione della direttiva 2012/27/UE, l'Europa ha dato il via ad una serie di misure di efficienza energetica volte a ridurre del 20% i consumi di energia primaria al 2020. La direttiva è stata recepita in Italia attraverso il Dlgs 102/2014, nel quale si afferma l'impegno dell'Italia a voler ridurre, entro l'anno 2020, di 20 milioni di tonnellate di petrolio i consumi di energia primaria, pari cioè a 15,5 tonnellate equivalenti di petrolio di energia finale, conteggiata a partire dal 2010. Il Decreto fissa degli importanti obblighi per i diversi protagonisti dello scenario energetico nazionale; tanto per citarne alcuni: l'obbligo di diagnosi energetica per le grandi imprese e per quelle energivore, la necessità di installare sistemi di contabilizzazione e ripartizione delle spese nei condomini ed edifici polifunzionali (la cui scadenza è stata recentemente posticipata in occasione dell'approvazione della Legge di Bilancio 2017), l'abbandono della progressività delle tariffe elettriche (sarà a regime a partire dal 2018) che dovrebbe portare, secondo l'Autorità, ad una maggiore propensione agli investimenti in tecnologie efficienti e all'elettrificazione dei consumi. Importante al fine del lavoro svolto in questa tesi, risulta l'Allegato 8 del sopracitato Decreto, nel quale si definiscono *“Gli elementi minimi che devono figurare nei contratti di rendimento energetico sottoscritti nel settore pubblico e nel relativo capitolato d'appalto”* (4), i quali sono, in estrema sintesi: l'obbligo di definire in maniera chiara e trasparente le misure di efficienza energetica da adottare, la definizione dei risparmi conseguibili e la loro effettiva ripartizione tra le parti contrattuali, la definizione degli obblighi e delle sanzioni da applicare ai soggetti coinvolti, oltre a chiarire le implicazioni finanziarie del progetto e dichiarare tutte le modifiche delle condizioni quadro che incidono sul contenuto ed i risultati del contratto. Nonostante l'importanza della direttiva, l'Europa non ha indicato un obiettivo al quanto ambizioso riguardante la riduzione dei consumi al 2030: il prospettato taglio dal 27% rispetto lo scenario tendenziale è stato molto criticato, tanto che lo stesso Parlamento ha proposto di alzarlo al 40% (5). Secondo IEA, per raggiungere gli obiettivi climatici, il tasso di riduzione annuo dell'intensità energetica dovrà passare dall'1,8 % (anno 2015) al 2,6%. L'impegno dell'Italia nell'attuazione delle politiche di efficienza energetica si evince dagli sforzi effettuati nei diversi settori: riportando i dati di uno studio effettuato dal Politecnico di Milano e pubblicato da EnergiaMedia a Novembre 2017 (6), gli investimenti in efficienza energetica nel settore industriale ammontavano nel 2015 a circa 1,3 miliardi di euro, di cui la maggior parte riguarda l'adozione di sistemi a combustione efficienti e l'impiego di impianti di cogenerazione. Per quanto riguarda gli edifici del settore non residenziale (PA, scuole ecc) gli investimenti ammontano a circa 650 milioni di euro, di cui 105 indirizzati all'efficientamento degli edifici della Pubblica Amministrazione, 60% dei quali indirizzato alle oltre 43000 scuole del territorio nazionale. In questa tipologia di

edifici gli investimenti che sono andati per la maggiore nel 2015 sono stati gli interventi sull'involucro edilizio, sulle chiusure vetrate e sull'installazione di caldaie a condensazione.

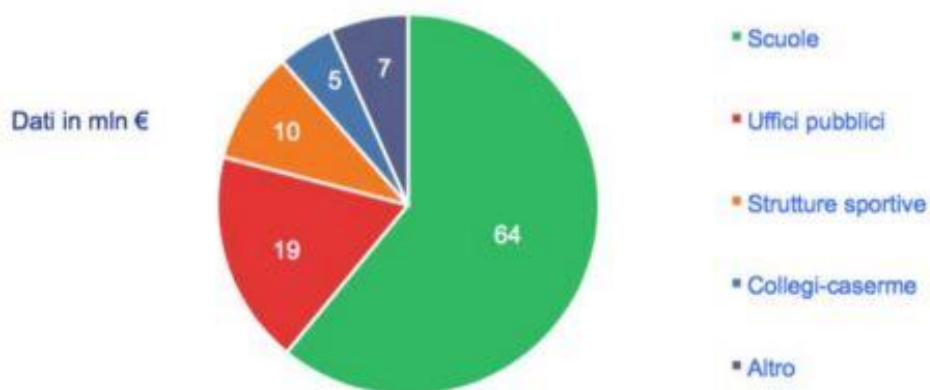


Figura 3-Gli investimenti in efficienza energetica nelle PA

Per quanto riguarda il settore residenziale gli investimenti nel 2015 sono stati intorno ai 3 miliardi di euro, alquanto necessari al fine di riqualificare un patrimonio edilizio a bassa efficienza, se paragonato alla situazione degli altri paesi europei: in Italia, infatti, il 75% degli edifici residenziali è stato costruito prima che ci fosse alcuna legge riguardante l'efficienza energetica (1976). Nel 2015 gli interventi che sono stati implementati maggiormente riguardano l'installazione di pompe di calore e tecnologie di illuminazione efficienti (lampade a LED). Nel quadro dell'efficienza energetica nazionale il ruolo delle ESCO risulta ancora marginale: della totale quota degli investimenti fatti in questo ambito dal settore dell'industria, del commerciale e del settore alberghiero, lo studio riporta che solo il 21,2% degli interventi sono stati effettuati avvalendosi dell'esperienza di queste aziende. Soprattutto nel settore industriale, il 90% degli interventi relativi ad attività "core" è finanziato in modalità "self-made". Gli stakeholders preferiscono affidare a terzi il miglioramento dell'efficienza delle attività "non core", dove il ruolo delle ESCO ricopre il 40% degli interventi. Nel panorama italiano dell'efficienza energetica assume grande importanza il ruolo svolto dagli incentivi, sia che i diversi interventi vengano implementati in modalità self-made che tramite l'ausilio dell'esperienza delle ESCO: per quest'ultime gli incentivi ricoprono un ruolo essenziale per la buona riuscita di un qualsiasi contratto di prestazione energetica, come si evidenzierà nel corso del presente elaborato. A titolo informativo ma non esaustivo si riporta una breve descrizione dei principali meccanismi incentivanti: le detrazioni fiscali del 65%, recentemente modificate con l'approvazione della Legge di Bilancio 2017 ed il Conto Termico, nella nuova edizione 2.0.

1.Introduzione

1.2.1 *Le Detrazioni fiscali del 65%*

L'incentivo si basa sulla detrazione dall'Irpef o dall'Ires ed è concessa quando si eseguono interventi di risparmio energetico che aumentino il livello di efficienza energetica degli "edifici esistenti", ovvero iscritti al catasto, e che presentino un impianto di riscaldamento antecedente l'intervento. La totale quota viene erogata in rate annuali distribuite in 10 anni. Gli interventi incentivabili riguardano il miglioramento dell'involucro edilizio, la riqualificazione energetica dell'edificio, l'installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria, l'installazione di schermature solari e di dispositivi multimediali per il controllo da remoto degli impianti, gli interventi di sostituzione totale o parziale degli impianti di climatizzazione invernale. Per poter accedere all'incentivo è necessario acquisire i necessari documenti che descrivano gli interventi, ne attestino la qualità e certifichino le prestazioni energetiche dell'unità immobiliare prima e dopo i lavori (7). Se l'intervento viene affidato ad una ESCO mediante la stipula di un contratto di prestazione energetica, la procedura burocratica per l'ottenimento dell'incentivo è presa in carico da essa, evitando al cliente le problematiche burocratiche che possono verificarsi in sede di dichiarazione. I benefici fiscali derivanti dalla detrazione possono essere utilizzati dal cliente anche in presenza di un investimento da parte della ESCO, in quanto i contratti di prestazione energetica a garanzia di risparmio sono assimilabili alle forme contrattuali del leasing finanziario, con il vantaggio di poter detrarre da subito l'intera cifra, anche se l'investimento viene rimborsato nel tempo. Con l'aggiornamento emanato in seguito alla pubblicazione della Legge di Bilancio 2017, l'incentivo ha subito una modifica per gli interventi eseguiti sulle parti comuni dei condomini: oltre al posticipo della scadenza al 31 Dicembre 2021, la detrazione è stata aumentata fino al 75% qualora l'intervento comporti il miglioramento della prestazione invernale ed estiva dell'edificio. Inoltre tra le novità più importanti si trova la possibilità da parte del cliente di optare per la cessione del credito ai fornitori: quest'ultima è di notevole interesse per le ESCO poiché, in qualità di fornitore, potranno vedere una riduzione dei tempi di ritorno dell'investimento e di conseguenza proporre contratti di durata inferiore, con notevole vantaggio anche per il cliente: secondo questa modalità, le detrazioni potranno essere trattate come un incentivo in conto capitale, incidendo positivamente sui ricavi della ESCO.

1.2.2 Il Conto Termico 2.0

Il 31 Maggio 2016 è entrato in vigore il nuovo Conto Termico 2.0 contenente le modalità per “l’incentivazione di produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni”. In particolare sono stati resi disponibili 900 milioni di euro erogabili ad enti pubblici, aziende, condomini e privati per realizzare interventi di miglioramento energetico degli edifici esistenti. L’incentivo è erogabile in 2 o 5 anni, ed è possibile ottenerlo in un’unica rata se l’importo complessivo non eccede i 5.000 €. Anche in questo caso l’ammontare dell’incentivo erogato non può superare il 65% delle spese totali sostenute. Il vantaggio per le Pubbliche Amministrazioni, anche avvalendosi dei servizi di una ESCO per l’attuazione degli interventi di miglioramento energetico, risiede nel fatto di poter prenotare l’incentivo e, conseguentemente, ricevere dal GSE una rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori: essa è pari a due quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell’incentivo è di cinque anni, ovvero al 50% nel caso in cui la durata sia di 2 anni. Inoltre le Pubbliche Amministrazioni, incluse le cooperative di abitanti e le cooperative sociali, che optino, anche per tramite di una ESCO, per l’accesso diretto all’incentivo, ovvero senza prenotazione, possono richiederne l’erogazione in un’unica rata anche per importi del beneficio complessivamente riconosciuto superiori ai 5000 €. L’incentivo non è cumulabile con altri incentivi statali per i privati ad esclusione dei fondi di garanzia, fondi di rotazione e contributi in conto interesse, mentre per le Pubbliche Amministrazioni, ad esclusione delle cooperative di abitanti e le cooperative sociali, sono cumulabili con incentivi in conto capitale, anche statali, nei limiti di un finanziamento complessivo pari al 100% delle spese ammissibili. Dal momento che le PA non possono accedere direttamente alle detrazioni fiscali, questo risulta lo strumento più idoneo a sostenere gli interventi di efficienza energetica ad essi dedicati. Al momento in cui si scrive, le richieste di accesso al Conto Termico 2.0 arrivate al GSE ammontano a circa 15.300, per un totale di 73 milioni di incentivi, di cui 44 relativi a richieste di accesso diretto e 29 attraverso le prenotazioni. Mediamente nel mese di Febbraio 2017 si sono registrate più di 2.500 richieste. Nonostante i numeri crescenti si può osservare ancora un discreto sottoutilizzo dell’incentivo in relazione alla somma totale messa a disposizione. Il metodo di calcolo dell’incentivo è diverso a seconda dell’intervento realizzato, nonché il tetto massimo del beneficio riconosciuto; per quanto concerne gli interventi presi in considerazione in questo elaborato, se ne darà opportuna spiegazione nel capitolo ad essi dedicato.

1.Introduzione

1.2.3 I Titoli di Efficienza Energetica

Detti anche Certificati Bianchi, sono una forma di incentivo di invenzione prettamente italiana. L'importanza data da questo meccanismo la si riscontra anche nel Decreto legislativo 102/2014, nel quale si specifica che il 60% del risparmio energetico al 31 dicembre 2020 dovrà essere ottenuto grazie all'utilizzo di questa forma incentivante. Si tratta di un complesso meccanismo che prevede obblighi per i distributori di energia elettrica e gas naturale (i quali, comunque, vengono in parte rimborsati per gli oneri sostenuti nell'adozione di interventi di efficienza energetica oppure per l'acquisto dei titoli), combinati con "benefici" offerti ai soggetti che realizzano interventi di riduzione e miglioramento degli usi finali di energia. Questi soggetti guadagnano un certificato per ogni Tep di energia risparmiata. I titoli si suddividono essenzialmente in cinque tipologie a seconda che i risparmi si ottengano grazie alla riduzione dei consumi di energia elettrica, gas, interventi di Cogenerazione ad Alto Rendimento, o per forme di energia diversa da queste, a seconda, poi, che siano o meno impiegate per l'autotrazione. La commercializzazione dei titoli avviene fondamentalmente in due modalità:

- a) All'interno di una vera e propria Borsa dei Titoli di Efficienza Energetica gestita dal Gestore del Mercato Elettrico (GME) in cui si organizzano sessioni di compravendita a cadenza settimanale.
- b) Attraverso contratti bilaterali, ovvero contratti privati. Il GME pubblica il prezzo minimo, il prezzo massimo e il prezzo medio ponderato affinché ci sia trasparenza sull'andamento del mercato dei certificati bianchi.

Per quanto concerne la cumulabilità, la recente rivisitazione del Decreto Ministeriale riguardante i certificati bianchi prevede che gli unici limiti siano quelli previsti dalla normativa europea. Il Decreto definisce dei vincoli riguardanti le energie rinnovabili termiche, per le quali l'incentivo è riconosciuto soltanto al surplus di efficienza energetica rispetto alle tecnologie tradizionali e alla capacità di generare risparmi energetici addizionali in termini di energia primaria o non rinnovabile. Non è ammesso l'accesso al meccanismo per le rinnovabili elettriche, quali, ad esempio, il fotovoltaico. In questo scenario le ESCO svolgono un ruolo importante poiché rappresentano il principale legame tra il comune cittadino (o le piccole aziende) e il meccanismo incentivante, senza l'intermezzo delle quali non potrebbero accedervi, rendendo così possibile ad una più vasta gamma di consumatori di partecipare e a contribuire ad un programma di miglioramento energetico.

2 Le Energy Service Companies

2.1 Definizione

Il Decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115 definisce una ESCO come:

“Persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero altre 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”

In poche parole è un’impresa che finanzia, sviluppa e installa progetti rivolti al miglioramento dell’efficienza energetica ed al mantenimento dei costi relativi alle attrezzature installate a tale scopo. Il fondamento economico su cui si basano queste aziende è che l’energia risparmiata presenti un valore sufficiente a rimborsare il costo sostenuto per l’investimento in tempi ragionevoli. La natura dei contratti proposti da una ESCO è di tipo “associativo” perché tra essa e il cliente vi è un comune intento: il risparmio.

Le ESCO nascono negli Stati Uniti negli anni ’70 come imprese specializzate nella produzione e fornitura di energia con funzioni di consulenza destinata all’implementazione di soluzioni tecnologiche. Si evolvono e poi si diffondono nel mondo come società di scopo che si pongono l’obiettivo specifico di realizzare l’efficienza energetica attraverso la disponibilità di know-how, tecnologie e capitale e a tal fine realizzano interventi per ridurre i consumi energetici per conto di aziende, enti pubblici e privati e solitamente gestiscono gli impianti realizzati.

Ciò che caratterizza le ESCO è il rischio che esse si assumono quando realizzano gli interventi: le società guadagnano tanto di più quanto i loro servizi funzionano. Oltre a definire in maniera chiara la metodologia dei contratti EPC, si riportano, a titolo informativo e non esaustivo, le diverse tipologie contrattuali che possono essere offerte da queste società, al fine di avere una visione chiara delle modalità con cui le ESCO operano nel mercato dell’energia.

2.2 Breve panoramica sulle diverse tipologie contrattuali

I contratti che possono essere sottoscritti dalle Energy Service Companies si distinguono, fondamentalmente, in due macro-categorie (8):

I contratti di **Fornitura di Energia**, che si basano essenzialmente sulla conduzione e manutenzione di un impianto a completo rischio della ESCO. Dal punto di vista prestazionale il cliente ottiene la riqualificazione degli impianti energetici, senza preoccuparsi del rischio di gestione derivante dal loro utilizzo. La remunerazione della ESCO avviene mediante il pagamento di un Canone mensile o trimestrale a fronte dei costi sostenuti dall'azienda per i servizi di manutenzione, fornitura del vettore energetico e per l'ammortamento dell'impianto. Solitamente si sviluppano su un orizzonte temporale di medio-lungo termine (5-10 anni)

I contratti di **Prestazione Energetica (EPC)**, detti anche contratti di rendimento energetico, sono nati per affrontare, invece, la riqualificazione dell'intero sistema edificio-impianto; la principale differenza con la tipologia precedente è insita nel finanziamento degli interventi di riqualificazione mediante i risparmi energetici ed economici futuri ottenuti e garantiti per tutta la durata contrattuale. La remunerazione avviene tutta sulla base dei risultati raggiunti e può variare a seconda del reale utilizzo del sistema edificio-impianto: è per questo motivo che tali tipologie contrattuali sono spesso accompagnate da un programma di formazione ed informazione dell'utente finale. Anche in questo caso il cliente può decidere se stipulare autonomamente i contratti di fornitura per i diversi vettori energetici oppure avvalersi del supporto della ESCO. Solitamente gli orizzonti temporali sono più lunghi rispetto la tipologia precedente, in ogni caso dipendente dall'entità dell'intervento.

2.2.1 I Contratti di Fornitura di Energia

Una delle prime tipologie per questa categoria sono quelli definiti come **Contratto di servizio calore**, in cui la ESCO si impegna a vendere il calore alla rete di distribuzione dello stabile, misurandolo con un opportuno contabilizzatore di calore posto a valle del generatore di calore, senza effettuare nessun controllo sulla razionalità e l'efficienza con cui tale calore viene erogato. Successivamente il Decreto legislativo n.115/2008 disciplinò tale tipologia di contratto, rivoluzionandola e rinominandola "**Contratto Servizio Energia**", con i quali la ESCO, anche se in presenza di alcun vincolo, si impegna a mantenere in buona efficienza il generatore di calore, ed obbliga ad allegare al contratto un attestato di prestazione energetica dell'edificio, da addebitarsi al cliente; ancora non è presente, però, un chiaro riferimento al risparmio energetico.

Il contratto Servizio Energia Plus

Si è voluto dedicare una sezione a parte per questa particolare tipologia, dal momento che rappresenta una delle forme contrattuali più conosciute ed utilizzate dalle ESCO. Essa non è altro che l'evoluzione dei contratti di Servizio Energia citati precedentemente, con la peculiarità di dover prevedere una riduzione dell'energia consumata rispetto al corrispondente indice riportato sull'attestato di certificazione, nei tempi concordati tra le parti e comunque non oltre il primo anno di vigenza contrattuale, mediante l'implementazione dei servizi e delle opere previste contrattualmente. Inoltre deve prevedere, laddove tecnicamente possibile, l'installazione di dispositivi di termoregolazione asserviti a zone aventi caratteristiche di uso uniformi o alle singole unità immobiliari. Il contratto dovrà comprovare l'esecuzione delle forniture, opere e prestazioni e avrà la validità di un contratto di locazione finanziaria nel dare accesso agli incentivi e agevolazioni.

La "garanzia di risultato" si riferisce alla comprovata riduzione del pagamento annuale rispetto la situazione ante-intervento: con la stipula di tale contratto, il cliente remunererà la ESCO mediante il versamento di una rata di ammortamento dell'impianto, oltre ad una rata per la fornitura del combustibile e per il servizio di manutenzione laddove previsti, con la garanzia di pagare comunque meno rispetto alla situazione precedente.

Tale tipologia contrattuale si applica perfettamente a tutti quegli interventi che, oltre ad attuare una semplice riqualificazione degli impianti, si estende all'intero edificio (opere di coibentazione, sostituzione delle componenti finestrate ecc.).

La tipologia è molto utilizzata nell'ambiente del risparmio energetico, a causa di una migliore interpretazione da parte del cliente e delle stesse ESCO, e per il fatto di dimostrare una maggiore convenienza rispetto agli EPC per certe tipologie di intervento.

2.3 La normativa UNI CEI 11352

A seguito del recepimento della direttiva europea mediante il Decreto legislativo 102/2014, le ESCO che intendono accedere al meccanismo incentivante dei certificati bianchi, nonché per poter eseguire le diagnosi energetiche per le grandi imprese e le imprese a forte consumo di energia, devono dotarsi di opportuna certificazione secondo la norma italiana UNI CEI 11352. Essa descrive i requisiti generali e la capacità (organizzativa, diagnostica, progettuale, gestionale, economica e finanziaria) che una ESCO deve possedere per poter offrire i servizi di efficienza energetica. Inoltre risulta di grande utilità per le ESCO stesse, in quanto può fungere da strumento di controllo per la verifica delle capacità e dei contenuti minimi dell'offerta contrattuale di miglioramento dell'efficienza energetica. Grazie ad essa è stato possibile stringere ancor di più il legame tra l'operato della ESCO con la concezione di risparmio e garanzia di risultato, in modo tale che la stessa definizione di ESCO sia sinonimo di efficienza.

2.3.1 Requisiti, Attività e Capacità di una ESCO

Il requisito fondamentale che una ESCO deve possedere è quello di offrire una garanzia contrattuale del miglioramento dell'efficienza energetica attraverso i servizi e le attività forniti e collegarne la remunerazione con i risparmi energetici ed economici ottenuti da essi. Fondamentale risulta la garanzia di disponibilità al cliente dei dati misurati durante il corso del contratto mediante adeguata reportistica.

Si riporta di seguito una lista delle attività che una ESCO deve essere in grado di svolgere nel rispetto di quanto espresso dalla normativa (9):

Attività della ESCO relative al punto 4.2 della norma UNI CEI 11352	
a	Diagnosi energetiche, comprensive dei fattori di aggiustamento.
b	Verifica della rispondenza degli impianti e delle attrezzature oggetto dell'intervento di miglioramento dell'efficienza energetica alla legislazione e alla normativa di riferimento con individuazione degli eventuali interventi di adeguamento e di mantenimento della rispondenza ai requisiti cogenti.
c	Elaborazione di studi di fattibilità, preliminare alla progettazione, con analisi tecnico-economica e scelta delle soluzioni più vantaggiose in termini di efficienza energetica e di convenienza economica.
d	Progettazione degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica da realizzare, con la redazione delle specifiche tecniche.
e	Realizzazione degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica.
f	Gestione degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica e conduzione degli stessi garantendone la resa ottimale ai fini del miglioramento dell'efficienza energetica ed economica.
g	Manutenzione degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica assicurandone il mantenimento in efficienza.

Attività della ESCO relative al punto 4.2 della norma UNI CEI 11352	
h	Monitoraggio del sistema di domande e consumo di energia, verifica dei consumi, delle prestazioni e dei risultati conseguiti secondo metodologie, anche statistiche, concertate con il cliente o cogenti.
i	Presentazione di adeguati rapporti periodici al cliente che permettano un confronto omogeneo dei consumi e del risparmio di energia per la durata contrattuale; ai fini della omogeneità del confronto devono essere inclusi anche eventuali aspetti indiretti quali le variazioni dei consumi di risorse naturali (per esempio l'acqua).
j	Supporto tecnico, per l'acquisizione e/o la gestione di finanziamenti, incentivi, bandi inerenti interventi di miglioramento dell'efficienza energetica.
k	Attività di formazione e informazione dell'utente.
l	Certificazione energetica degli edifici.

Tabella 1-Lista degli interventi obbligatori

La normativa indica inoltre i servizi facoltativi che una ESCO potrebbe essere in grado di fornire:

m	Finanziamento dell'intervento di miglioramento dell'efficienza energetica.
n	Acquisto dei vettori energetici necessari per l'erogazione del servizio di efficienza energetica.
o	Sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili, sempre finalizzato al miglioramento dell'efficienza energetica.
p	Ottimizzazione economica dei contratti di fornitura eventualmente anche mediante modifica dei profili di prelievo dei vettori energetici.

Tabella 2-Lista degli interventi facoltativi

Per quanto concerne le attività suddette, la ESCO deve dimostrare di avere eseguito almeno un contratto a garanzia di risultato in cui sia stato conseguito un primo ciclo di miglioramento. Inoltre occorre che dimostri, indipendentemente dalle forme contrattuali utilizzate, di aver svolto un primo ciclo di attività dal punto a) al punto k) dell'elenco precedente; se qualcuna di esse non è presente dovrà essere opportunamente giustificata. In ogni caso è prevista la possibilità che parte di queste attività vengano affidate a terzi, purché esplicitamente dichiarate al cliente. Inoltre tale contratto dovrà testimoniare la garanzia di risultato, specificando le opportune penali da applicare in caso di mancato raggiungimento, nonché un'adeguata reportistica per la rendicontazione dei risultati, preventivamente concordata con il cliente. Ovviamente dovranno essere presenti nello scenario aziendale le opportune figure professionali, le procedure e piani che testimonino la capacità progettuale, gestionale, amministrativa e diagnostica (anche secondo normativa) della ESCO.

2. Le Energy Service Companies

3 Gli Energy Performance Contracts

Il contratto EPC è definito dal Decreto legislativo 115/ 2008 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”

Nonostante la presenza di un decreto che ne prevede l’utilizzo, non è presente una standardizzazione del contratto EPC: pertanto è considerato dalla legislazione vigente come un contratto atipico (articoli 1321-1322 del Codice Civile). Nel linguaggio giuridico è quello che tipicamente viene definito come un *“Do ut facias”*: il beneficiario versa un canone annuale (a fronte di fatture mensili o trimestrali) ma deve anche sottostare a dei vincoli contrattuali che non vadano ad interferire con il *“facias”* della ESCO, ovvero il risparmio.

Le caratteristiche peculiari possono essere così schematizzate:

- Garantiscono la remunerazione della ESCO sulla base delle performance dell’impianto
- Permettono ad ogni soggetto di poter aspirare a diventare cliente di una ESCO, con condizioni contrattuali più o meno stringenti.
- Garantiscono al cliente un tetto massimo di spesa durante tutto il periodo contrattuale
- Stabiliscono i livelli di prestazione garantita per l’intera durata del rapporto

La metodologia può essere impiegata per la riqualificazione dell’intero impianto-struttura, anche se più largamente utilizzata per l’installazione di tecnologie HVAC, apparecchi elettrici ad alta efficienza e interventi di building automation.

In questo capitolo verranno illustrati i principi base e gli aspetti peculiari degli Energy Performance Contracts, anche descrivendo l’attuale situazione in Italia.

3.1 Metodi contrattuali

Gli EPC si distinguono fondamentalmente in due macro-categorie:

- a) Contratto a Cessione Globale Limitata (First Out)
- b) Contratto a risparmio Condiviso (Shared Saving)

3.1.1 *Descrizione del Contratto "First Out"*

Tale tipologia rappresenta la formula più semplice, utilizzata soprattutto per interventi che riguardano le singole misure: in questo caso la ESCO trattiene il 100% del risparmio garantito, calcolato a partire dalla Baseline concordata, per tutta la durata del contratto. Il risparmio garantito coincide con il Canone che il cliente corrisponderà per tutta la durata dell'accordo, comprensivo dei costi di manutenzione e gestione. Nel caso in cui gli impianti realizzati non offrano le prestazioni previste e, quindi, non riescano a ripagare il costo dell'investimento, la perdita è tutta a carico della ESCO. Contrariamente, se l'intervento si dimostra più performante di quanto previsto, si pattuisce in sede contrattuale la quota di risparmio extra condiviso tra il cliente e la ESCO. Il rischio assunto dall'azienda è quello di cedere del tutto la proprietà dell'impianto, indipendentemente che si sia verificata la remunerazione dell'investimento effettuato dalla ESCO. Tale metodologia contrattuale risulta caratterizzata da tempi di ritorno più brevi ma, al contrario della seconda metodologia, trattata qui di seguito, non consente al cliente di vedere un risparmio economico durante il periodo contrattuale, il che potrebbe rappresentare un disincentivo da parte dello stesso ad effettuare un intervento avvalendosi dei servizi di una ESCO.

3.1.2 *Descrizione del Contratto "Shared Saving"*

Questa rappresenta la forma di contratto sicuramente più conosciuta. A differenza del contratto First Out il cliente partecipa fin dall'inizio ai benefici economici derivanti dagli interventi di risparmio energetico. In genere si pattuisce la quota di ripartizione del risparmio tra cliente ed ESCO in sede contrattuale: tipicamente le percentuali di suddivisione sono del tipo 90/10, secondo le quali, durante la durata del contratto, il 90% del canone di risparmio viene riconosciuto alla ESCO per la remunerazione dell'investimento, e all'interno del quale devono essere previsti una quota per la remunerazione dei costi per i servizi di manutenzione ordinaria e contabilizzazione, mentre il restante 10% viene lasciato al cliente, in modo tale che possa godere dei risparmi fin da subito. Tale percentuale di suddivisione del risparmio potrebbe essere soggetta a variazioni durante il rapporto: mediamente si potrebbe pensare ad una remunerazione maggiore per la ESCO nei primi anni del contratto, in modo tale da permetterle una certa sicurezza nel ritorno del capitale investito e diminuire i problemi legati all'aleatorietà dei

costi e del comportamento del cliente nel tempo; negli anni successivi sarà il cliente a beneficiare della maggior quota dei risparmi, per arrivare alla fine del contratto a detenere l'intera proprietà dell'impianto e a beneficiare, quindi, del risparmio totale. Nel caso in cui la performance dell'impianto sia inferiore al previsto ne verrà penalizzata soltanto la ESCO, vedendosi ridotta la propria quota del canone, mentre il cliente non subirà alcuna perdita. Contrariamente, nel caso in cui si registri un risparmio maggiore rispetto al target concordato, si procederà a ripartire la quota di risparmio extra tra la ESCO ed il cliente, in percentuali da definire in sede contrattuale (tipicamente 50/50, ma potrebbe anche essere diversa). Tipicamente con questa metodologia i tempi di ritorno si allungano rispetto al caso precedente.

In questo caso la ESCO si trasforma in un partner affidabile in quanto è suo preciso interesse realizzare degli interventi che comportino un immediato risparmio, oltre ad essere incentivata a far del proprio meglio per poter beneficiare degli extra guadagni. Oltretutto, e forse è la cosa più importante, lo stesso cliente è spronato ad un comportamento virtuoso, minimizzando gli sprechi per massimizzare i guadagni. Inoltre il cliente non dovrà preoccuparsi della gestione dell'impianto e avrà la sicurezza di non spendere, in combustibile, più di quanto è stato stipulato contrattualmente.

3.2 Il Finanziamento

La peculiarità dei contratti EPC è quella di poter fare da “ponte” per superare gli ostacoli finanziari per attuare gli interventi di efficienza energetica: assumendosene completamente il rischio finanziario, le ESCO svincolano il cliente da noiose e scomode pratiche burocratiche per ottenere il finanziamento necessario.

Solitamente gli interventi di efficienza energetica di modeste dimensioni (quali ad esempio la coibentazione delle superfici opache di un edificio, la riqualificazione della centrale termica di un condominio ecc.) non possono essere finanziate completamente mediante capitale in “equity” (ovvero con capitale proprio della ESCO) ma devono ricorrere ad istituti di credito quali le banche per poter avviare il meccanismo del cosiddetto Finanziamento Tramite Terzi (in seguito FTT): questo procedimento prevede la presenza di un Prestatore, come una banca, in grado di fornire il capitale ad una Debitore, che nel caso in esame è la ESCO stessa.

La modalità più utilizzata è quella del “**Mutuo di scopo**”, in cui il creditore paga il suo debito rimborsando la somma prestata, insieme agli interessi sul capitale e agli altri costi di transazione, in rate annue costanti per tutta la durata contrattuale. Il soggetto finanziatore concede il prestito richiesto sulla base del cosiddetto “*Merito Creditizio*” del soggetto richiedente: il Prestatore verifica la capacità ed il patrimonio finanziario della ESCO, al fine di avere un’adeguata garanzia sulla somma prestata.

Esistono comunque delle alternative al “Mutuo di Scopo” quali ad esempio il “**Project Financing**”: in questa particolare forma di finanziamento il “*Merito Creditizio*” non spetta alla capacità finanziaria e al patrimonio della ESCO ma alla bontà del progetto stesso e alla sua capacità di generare flussi di cassa positivi nel tempo. Tale struttura prevede la creazione di una società ex novo (SPV ovvero “Special Vehicle Purpose”) in cui l’unica fonte di reddito è costituita dal progetto stesso, il suo unico scopo è la riqualificazione energetica derivante dall’intervento ed i suoi ricavi sono finalizzati al pagamento del debito e al perseguimento degli utili. È una metodologia innovativa che trova maggiore applicazione nei progetti di elevata intensità in quanto permette di affidare il rischio a chi lo sa gestire. I punti dolenti sono rappresentati dai tempi elevati per strutturare il progetto stesso rispetto alle metodologie di finanziamento tradizionali e comporta maggiori costi dato l’elevato rischio del soggetto finanziatore, oltre a causare una serie di vincoli operativi che ne limitano l’applicabilità.

Nelle figure seguenti si riporta uno schema dei meccanismi finanziari sopra descritti.



Figura 4-Esempio di FTT con prestito alla ESCO

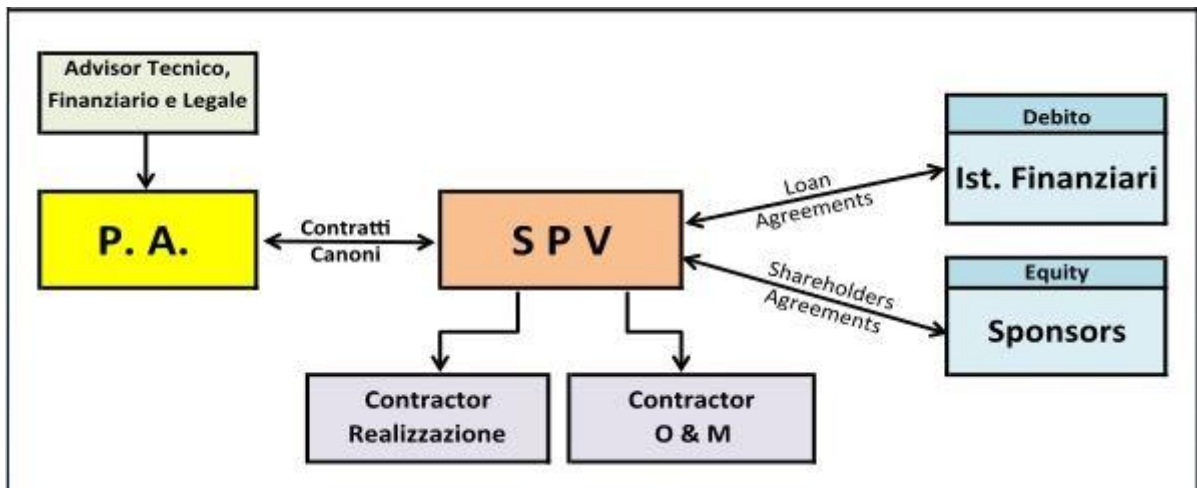


Figura 5-Esempio di Project Financing

Nel settore energetico è ancora difficile trovare istituti finanziari in grado di concedere prestiti in base alla “bontà” del progetto stesso, anche in presenza di un adeguato programma finanziario: pertanto il “*Merito Creditizio*” della ESCO stessa risulta ancora il punto fondamentale per la concessione del finanziamento.

Come alternativa al Project Financing c’è anche la possibilità di stipulare un contratto di “**Leasing finanziario**”: secondo tale metodologia, un soggetto finanziatore acquista da fornitori terzi (in questo caso la ESCO stessa) gli impianti per poi concederli in uso ad un soggetto utilizzatore (ovvero il cliente), per un periodo di tempo prefissato, mediante il pagamento di un canone periodico; al termine del contratto l’utilizzatore può diventare proprietario del bene dietro versamento di un prezzo stabilito.

Oltre ad utilizzare le risorse degli istituti di credito, una ESCO, come nel caso di Sinergia S.C., può richiedere un contributo da parte dei soci, i quali possono finanziare il progetto

3.Gli Energy Performance Contracts

ad un tasso di interesse agevolato rispetto alle banche. Il problema fondamentale del finanziamento tramite terzi è ancora la scarsa fiducia riposta dalle banche nei contratti di prestazione energetica, dal momento che non si fidano ancora completamente del meccanismo di rimborso tramite il risparmio, considerato troppo aleatorio ed imprevedibile. Gli istituti di credito concedono un prestito soltanto se hanno la sicurezza del ritorno del capitale investito, e in questo contesto svolgono un ruolo chiave gli incentivi statali, menzionati precedentemente. Il motivo è semplice: nel caso ad esempio di una Pubblica Amministrazione che faccia richiesta sul *portaltermico* del GSE (Gestore Servizi Energetici) agli incentivi del Conto Termico mediante prenotazione dello stesso, la ricevuta inviata dal GSE relativa all'accettazione della richiesta, funge da garanzia per l'istituto di credito, il quale potrebbe poi richiedere che l'intera somma derivante dall'incentivo venga erogato ad esso per la remunerazione del capitale investito, interessi inclusi.

3.3 Breve panoramica sulla situazione degli EPC in Italia e in Europa

Di seguito si riporteranno i risultati di due sondaggi (10), uno condotto da FIRE nel 2014 in occasione del progetto Transparence, e l'altro condotto a livello europeo a Novembre 2016 da Guarantee: quest'ultimo è un progetto partito ad Aprile 2016 e che si protrarrà fino a Marzo 2019, con lo scopo di favorire l'utilizzo dei contratti di prestazione energetica nel settore pubblico e privato, sviluppando soluzioni contrattuali innovative e flessibili e sostenendo progetti pilota anche tramite l'impiego della nuova figura professionale del Facilitatore EPC (di cui se ne darà un' accenno in seguito).

Il primo ha evidenziato come la maggior parte degli interventi di risparmio energetico nel settore della Pubblica Amministrazione si sia realizzato senza stipulare contratti di prestazione energetica o, quanto meno, non della tipologia EPC.

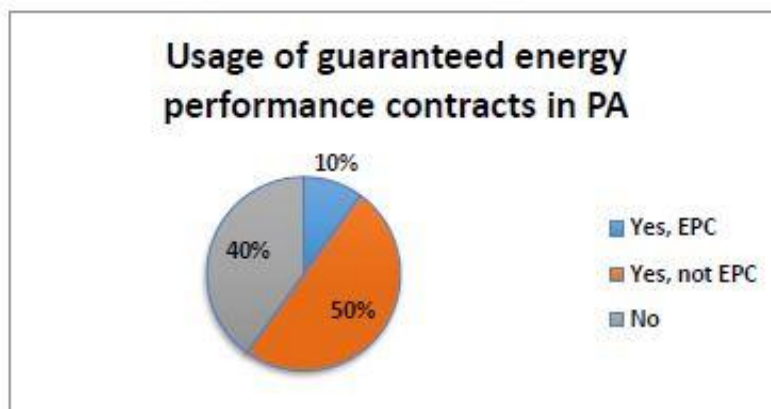


Figura 6-Utilizzo dei contratti di prestazione energetica garantita nelle PA

Fonte: FRE

Il problema principale indicato dai rispondenti è stata la mancanza di un adeguato sistema di misura e verifica dei risparmi conseguiti. Anche nel settore industriale i risultati non sono dei più ottimistici, evidenziando ancora un basso livello di penetrazione delle ESCO in questo settore.

Sector	% of EPC usage
Food	12%
Paper	2%
Chemical	11%
Mechanical	2%
Metallurgy	22%
Construction	6%
Glass	-

Figura 7-Utilizzo degli EPC nel settore industriale

Fonte: FIRE

3.Gli Energy Performance Contracts

Il secondo sondaggio, svolto su un campione rappresentativo di 256 tra stakeholder e potenziali clienti del settore energetico, ha evidenziato come il 60% non abbia avuto esperienza con una ESCO (11). Inoltre il 50% di essi ha indicato il finanziamento in equity come la modalità più utilizzata per gli interventi di risparmio energetico. Per quanto riguarda l'Italia soltanto il 10% degli intervistati ha confermato di essersi avvalsa primariamente dei servizi di una ESCO per effettuare gli interventi di risparmio energetico, contrariamente alla Germania, dove la percentuale sale a 75%. C'è da dire però che il meccanismo più diffuso è ancora quello dei Contratti di Servizio Energia (ESC o ESC-Plus) con una percentuale che va dal 75% all' 85% dei casi, mentre invece gli EPC si attestano intorno al 5-20%. Le cause principali che ne rallentano la diffusione sono da ricercarsi soprattutto nelle barriere finanziarie e legali e nella mancanza di un adeguato sistema di informazione. Dal punto di vista tecnico, il collo di bottiglia è ancora rappresentato dal mancato impiego di un adeguato sistema di misura e verifica del risparmio.

Nonostante lo scenario non propriamente ottimistico, il mercato italiano delle ESCO è cresciuto in questi ultimi anni, passando da un volume d'affari di 275 milioni di euro del 2008 a 500 milioni di euro del 2013.

Un'interessante novità è rappresentata dalla nascita di una nuova figura professionale *ad hoc* per gli Energy Performance Contracts: il **Facilitatore EPC**. Il ruolo fondamentale di questo nuovo soggetto sarebbe quello di aiutare il cliente, facendo da intermediario tra esso e la ESCO, nella scelta ottimale sia dell'intervento che dell'Energy Service Company.

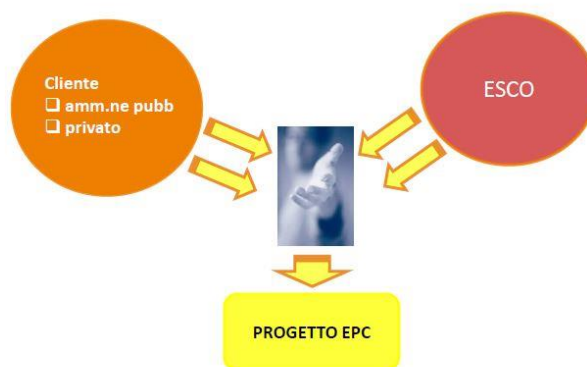


Figura 8-I facilitatori EPC

Fonte: ENEA

L'idea nasce nell'ambito del sopracitato progetto Guarantee, con lo scopo di creare un vero e proprio "pool" di facilitatori europei, grazie al quale condividere esperienze e know-how al fine di incrementare l'utilizzo degli EPC in tutta Europa. Le capacità richieste a questa nuova figura professionale sono di natura:

- Tecnica: nell'ambito degli impianti e dei servizi energetici, dei principali indicatori di performance e dei più accurati sistemi di monitoraggio.
- Finanziari: conoscenza dei rischi finanziari associati al progetto
- Legali: conoscenza delle condizioni legali, normative e contrattuali
- Project Management e Tecniche di comunicazione

Ovviamente il ruolo del facilitatore dovrà essere assolto da un team di persone, data la molteplicità di conoscenze richieste. Una volta aiutato il cliente mediante un'analisi tecnica e finanziaria dei possibili interventi da attuare, il Facilitatore fornisce il suo supporto durante la fase di gara per la selezione della ESCO. Una volta avviato il progetto, il Facilitatore assumerà il ruolo di controllore misurando gli effettivi risparmi e controllando adeguatamente la fatturazione.

Il progetto Guarantee pone le sue basi su un percorso suddiviso in quattro tappe: inizialmente, i soggetti interessati a diventare facilitatori dovranno effettuare un pre-check online, successivamente sottoporsi a degli incontri di informazione, rivolti anche alle ESCO e proprietari pubblici e privati; successivamente affrontare un percorso di training allo scopo di sviluppare le opportune conoscenze "trasversali" ed infine creare un network europeo per diffondere il know-how e le buone pratiche.

L'Italia è un paese emergente in tema facilitatori (al contrario della Germania, dove esistono figure professionali già pronte) pertanto, in occasione dei due progetti pilota in tema EPC lanciati dal progetto Guarantee per ognuno dei paesi partecipanti, sarà ENEA a ricoprire il ruolo di facilitatore.

I professionisti manifestano ancora un certo scetticismo per questa nuova figura, poiché la presenza di un'ulteriore soggetto potrebbe allontanare ancora di più il cliente dalle ESCO, invece che favorirne l'avvicinamento. Inoltre il problema principale è quello di garantire la completa imparzialità dei Facilitatori, dal momento che un professionista che opera nel settore si appoggia sempre ad una ESCO di riferimento.

3.4 Voci principali di un contratto EPC

In questo capitolo si descriveranno gli elementi peculiari di un contratto EPC, partendo dalla definizione della baseline di riferimento per arrivare al monitoraggio e verifica dei risparmi garantiti.

È doveroso ricordare che attivare un contratto di prestazione energetica è un'operazione complessa che richiede una preparazione approfondita ed un adeguato know-how: in questo capitolo pertanto non verranno prese in considerazione le modalità con cui una ESCO affronta una gara d'appalto ad evidenza pubblica, ma ci si soffermerà sugli aspetti essenziali che caratterizzano la metodologia contrattuale.

3.4.1 Sopralluogo ed indagine conoscitiva

Il requisito fondamentale per la stipula di un contratto EPC è la conoscenza puntuale dei consumi reali dei vettori energetici coinvolti nell'intervento di prestazione energetica. Infatti il Canone annuo da corrispondere al cliente finale sarà strettamente collegato alla quantità di energia che la ESCO riuscirà a far risparmiare rispetto la situazione precedente: una conoscenza errata dei consumi può portare a conseguenze gravi nonché a possibili contenziosi legali.

Il primo passo è sicuramente quello di effettuare un'indagine conoscitiva per appurare lo stato di salute della struttura o dell'insieme di strutture in oggetto, esaminando e recuperando i dati storici disponibili relativi ai consumi e ai costi dell'energia, le modalità di gestione degli immobili e degli impianti, i contratti di fornitura, di manutenzione ecc. Un aspetto fondamentale da non sottovalutare è la scelta degli opportuni edifici o strutture da riqualificare per le quali si è sicuri non avverranno delle sostanziali modifiche in futuro, sia a livello occupazionale (come ad esempio la variazione del numero di occupanti per i condomini) che prestazionale (come ad esempio l'isolamento della copertura a fronte di un intervento di sola riqualificazione della Centrale Termica effettuato dalla ESCO): questo perché potrebbero insorgere delle complicazioni nel calcolo dei risparmi energetici conseguiti a causa di una riduzione dei consumi rispetto al target definito contrattualmente. Come conseguenza a questa eventualità occorrerà mettere in pratica un'opportuna strategia contrattuale, allo scopo di tutelarsi da inaspettati cambiamenti.

Nel caso di strutture particolari, come ad esempio le industrie, gli interventi di risparmio energetico che non riguardino il core business aziendale non sono visti come prioritari e sono vincolati ad avere tempi di ritorno brevi, in media inferiori ai 3 anni. Non solo le industrie, ma anche molte aziende private caratterizzate da una certa instabilità (ad esempio la probabilità che cambi sede in un arco di tempo abbastanza breve) vincolano la ESCO a pensare a soluzioni caratterizzate da un basso Pay-Back, che può entrare in

conflitto con la tipologia di intervento necessario ad un miglioramento effettivo delle prestazioni energetiche.

Un aspetto fondamentale, e forse alcune volte trascurato, è il contesto geografico in cui sorge la struttura: ad esempio, durante uno dei sopralluoghi effettuati con Sinergia, la proposta più opportuna per migliorare la prestazione dell'immobile in questione è stata individuata nella riqualificazione della centrale termica, la quale si trovava in una posizione interrata rispetto al piano terra. Dal momento che l'edificio sorge in una zona a forte pericolo di allagamento, onde evitare future problematiche, i progettisti hanno deciso di ispezionare anche il solaio al fine di valutare una possibile installazione in copertura.

A causa dell'insorgere delle sopracitate problematiche potrebbe non essere sempre conveniente la stipula di un Energy Performance Contract.

3.4.2 *Determinazione della Baseline*

Con la definizione di "Baseline" si intende il profilo di consumo della struttura o dell'impianto oggetto di intervento che verrà utilizzato come base per la valutazione del risparmio energetico: dovrà essere definita non solo in termini energetici ma anche economici.

Nella sua determinazione concorrono tutti i vettori energetici connessi all'intervento e tutte le voci di costo, comprese la Conduzione e la Manutenzione (O&M). Ad esempio, i consumi di combustibile fossile, dovranno riferirsi, secondo quanto riportato nelle linee guida Enea, almeno ai tre anni precedenti quello di intervento e dovranno essere opportunamente normalizzati ai Gradi Giorno della località di riferimento, rilevati dalla stazione metereologica più vicina: questo per evitare che la baseline venga influenzata da possibili anomalie registrate in un particolare anno, al fine di porre tutti i consumi sullo stesso piano di confronto.

Successivamente dovranno essere rapportati ai costi unitari delle ultime bollette rilevate, al netto di IVA se essa non rappresenta un costo (come nel caso delle cooperative sociali, le quali possono detrarre il valore dell'imposta dall'Ires) oppure al lordo per quei soggetti che non possono "scaricarla" (come nel caso dei condomini).

La "normalizzazione" dei consumi di combustibile avviene applicando la seguente formula:

$$Consumi_{norm} = Consumi_{eff} * (a + b * GG_{ref}/GG_{eff})$$

3.Gli Energy Performance Contracts

Dove:

- $Consumi_{eff}$ rappresenta il valore dei consumi di combustibile effettivamente rilevati nel periodo considerato
- GG_{ref} sono i Gradi Giorno di riferimento della località considerata definiti per legge
- GG_{ref} sono i Gradi Giorno effettivi di quel particolare anno della località considerata
- “a” è la quota di consumo non soggetta a normalizzazione (ad esempio la quota dedicata alla produzione di ACS) ed il suo valore dipende dal caso in esame
- “b” è la quota dei consumi totali strettamente correlata alle condizioni climatiche (riscaldamento degli ambienti)
- $Consumi_{norm}$ rappresenta il valore dei consumi di combustibile a parità di condizioni climatiche

Successivamente occorrerà moltiplicare il valore sopra ottenuto per il costo unitario (in €/m³ oppure €/kWh_{el} ad esempio) ricavato dalle bollette dell’energia oppure definito sul sito dell’Autorità per l’Energia Elettrica ed il Gas.

A partire dai valori energetici ed economici appena ricavati, si proseguirà andando a comparare le Best Available Technologies (BAT), allo scopo di individuare le soluzioni migliori in termini di risparmio energetico ed economico.

Il confronto riguarderà il valore assunto dall’Indice di Prestazione Energetica (di seguito chiamato anche EPI, ovvero “Energy Performance Index”) il quale sta ad indicare il livello di efficienza della soluzione considerata. Per quanto concerne gli interventi di riqualificazione energetica degli impianti, come, ad esempio, la sostituzione di un boiler elettrico per la produzione di ACS con un sistema più efficiente a pompa di calore, occorre prestare attenzione a non confondere l’EPI con il rendimento della macchina, anche se ad esso strettamente dipendente e correlato: esso dovrà indicare il quantitativo di energia necessaria per unità di energia di fabbisogno, come ad esempio la quantità di kWh elettrici necessari a fronte di una richiesta di 1 m³ di acqua calda sanitaria: si intuisce, quindi, che ad un minor valore di EPI corrisponde una migliore prestazione della macchina.

L’utilizzo di indicatori diversi rispetto ad un semplice rendimento è utile soprattutto per quegli interventi di riqualificazione profonda in cui sussistono una molteplicità di soluzioni non omogenee tra loro (coibentazione, impianto termico, illuminazione ecc.), ma soprattutto per dare al cliente una visione chiara e intuibile dei risparmi conseguiti tramite l’intervento.

Non è sempre possibile parlare ad un cliente di risparmio utilizzando la definizione di

COP oppure di rendimento di primo principio, a causa di una possibile mancanza di conoscenza in materia o dalla difficoltà di interpretazione che certi indicatori presentano. L'obiettivo è quello di utilizzare degli EPI utili per i tecnici, al fine di attuare un adeguato confronto tra le diverse soluzioni e per monitorare l'andamento delle soluzioni implementate, ma allo stesso tempo facilmente intuibili, allo scopo di incrementare la percezione del risparmio.

Il valore dell'EPI definito potrebbe variare in funzione del livello di consumo dell'utente finale o del grado di utilizzo dell'impianto o dell'intervento in questione: a seconda dei diversi casi si potranno pensare diverse soluzioni, come ad esempio:

- Nel caso di cambiamenti nel fabbisogno di riscaldamento o raffrescamento, per la quantificazione dei consumi si potrà rifarsi alle normative nazionali ed internazionali vigenti
- Nel caso di installazione/rimozioni di impianti o esecuzione di ulteriori interventi successivi al contratto, le Parti contrattuali effettueranno delle stime per la valutazione dell'impatto atteso
- Se le modifiche sono permanenti ed importanti, si potrà ridefinire la Baseline energetica per gli anni successivi., seguendo degli opportuni criteri oggettivi.

Successivamente alla definizione della baseline occorrerà effettuare un'opportuna analisi di redditività al fine di verificare la bontà dell'investimento prima di passare all'implementazione degli interventi proposti. Senza un'adeguata e precisa valutazione economica c'è il rischio che il risparmio non riesca a far rientrare nei tempi opportuni il capitale investito per l'intervento, a ripagare la rata dell'eventuale mutuo, nonché a generare l'utile di impresa. Tutto il procedimento ruota attorno ad una corretta definizione della Baseline, dalla quale poi deriverà il concetto di risparmio target e le diverse quote di remunerazione nel caso di situazione *under-performance* ed *over-performance*.

Tutto ciò fin qui descritto verrà opportunamente spiegato nel dettaglio nel Capitolo 5 attraverso l'esempio applicativo, in modo da rendere più facile la comprensione dei concetti. Nel paragrafo 3.4.5.1, in cui si parlerà del protocollo IPMVP, si faranno delle ulteriori considerazioni utili anche al calcolo della Baseline.

3.4.3 *La figura del “Terzo Responsabile”*

Tutte le ESCO interessate a redigere un Contratto di Prestazione Energetica sono obbligate ad assumere il ruolo di “Terzo Responsabile”, dimostrando di avere i requisiti tecnico organizzativi idonei a svolgere le attività di conduzione, manutenzione ordinaria, straordinaria e controllo degli interventi svolti. A titolo di esempio si riportano alcune attività che la ESCO deve essere in grado di garantire, in osservanza degli obblighi derivanti dalla sopracitata nomina:

- 1) Produrre la documentazione tecnica in seguito all’adeguamento normativo degli interventi effettuati
- 2) Comunicare eventuali carenze tecniche constatate durante il periodo di esercizio
- 3) Mantenere le temperature degli ambienti e dell’acqua calda sanitaria entro i limiti imposti dalla normativa vigente e dagli accordi contrattuali, nonché rispettare il periodo annuale definito per l’accensione degli impianti in oggetto, garantendo il funzionamento minimo in regime invernale per evitare il gelo delle tubazioni
- 4) Programmare verifiche periodiche e mantenere aggiornato il libretto di centrale per le manutenzioni
- 5) Eseguire attività di consulenza tecnica, nonché assolvere agli obblighi di raccolta e archivio di tutta la documentazione attestante il funzionamento dell’impianto e il raggiungimento dei risparmi.
- 6) Riconsegnare al cliente gli impianti e le opere nello stato in cui si trovano, nonché tutta la documentazione inerente all’intervento.

La ESCO dovrà accettare di assolvere a tale nomina ai sensi del D.M. 20/12/21012 e accetterà di prendere in consegna il sistema-edificio impianto nello stato in cui si trova, impegnandosi poi, a fine rapporto, a riconsegnare il tutto al cliente nello stesso stato iniziale di manutenzione e conservazione, ad eccezione del normale deperimento dovuto all’uso. Prima della firma del verbale attestante la riconsegna degli impianti dovrà essere eseguito un opportuno sopralluogo da parte di un tecnico abilitato scelto dal cliente o dall’Amministrazione Pubblica. Nel caso in cui nel contratto sia specificato che la ESCO, oltre agli impianti, si impegni a fornire anche il vettore energetico (come ad esempio l’energia elettrica o il gas naturale), al momento della riconsegna del sistema edificio-impianto dovrà eseguirsi anche la voltura delle utenze, le cui spese sono, generalmente, a carico del cliente: durante il periodo contrattuale la ESCO potrà disdire i contratti in essere con i fornitori dei vettori energetici e sottoscriverne di nuovi (ovviamente a sue spese).

3.4.4 *La fase di Gestione e Manutenzione*

Una volta firmato il contratto, la ESCO dovrà impegnarsi a controllare e verificare che le opere realizzate e sottoscritte rispettino la normativa vigente, facendo riferimento anche ai relativi regolamenti sanitari laddove previsti.

Solitamente le modalità di accensione e spegnimento degli impianti, nonché i livelli di temperatura interna o dell'acqua di mandata, possono essere decisi dalla stessa ESCO, purché non interferiscano con i livelli di comfort termico, previsti per legge, durante gli orari di occupazione della struttura. Occorre precisare che l'obiettivo è quello di raggiungere un certo livello di efficienza energetica, di conseguenza è fondamentale che sia la ESCO a gestire le modalità di funzionamento del sistema edificio-impianto al fine di raggiungere il risparmio definito contrattualmente, senza per questo precludere il comfort abitativo: in questo consiste la vera definizione di efficienza energetica.

Ovviamente l'utente dovrà essere preventivamente informato riguardo la tecnologia implementata a seguito della sottoscrizione del contratto, mediante attività di consulenza preventiva da parte degli stessi tecnici abilitati a servizio della ESCO, ad esempio attraverso seminari o assemblee condominiali. L'efficienza energetica si fonda, infatti, non soltanto sulla buona riuscita dell'intervento o sul livello tecnologico della soluzione implementata, ma anche su una buona informazione e formazione dell'utilizzatore, il quale sarà poi l'unico responsabile del raggiungimento del risparmio una volta cessato il rapporto contrattuale.

Ovviamente (nel caso di installazione di impianti) a seguito di particolari situazioni, seppure di breve durata, il cliente ha tutto il diritto a richiedere una modifica del regime di utilizzo (ad esempio in caso di giorni caratterizzati da un clima anomalo e particolarmente rigido).

Durante il periodo contrattuale, la ESCO potrà essere chiamata a svolgere il servizio di **manutenzione ordinaria**, con la quale si intendono tutte le attività atte a ricondurre al normale funzionamento gli interventi effettuati, come ad esempio operazioni di prevenzione di perdite, guasti o intasamenti e che impieghino l'utilizzo di attrezzatura non specifica oppure materiali di uso corrente.

Tutti gli interventi che rientrino in questa categoria dovranno essere preventivamente concordati con il cliente e stabilito un opportuno calendario di intervento al fine di garantire il minor disagio possibile. Tutti questi interventi, se previsti ovviamente nel contratto, vengono solitamente remunerati in una voce specifica del canone versato annualmente dal cliente.

3.Gli Energy Performance Contracts

Tutti gli altri interventi che non ricadono nella definizione precedente sono da considerarsi come **manutenzione straordinaria**, e riguardano l'utilizzo di attrezzature speciali per il ripristino della funzionalità delle opere a seguito di guasti, interruzioni inaspettate del servizio o altri incidenti che si possono riscontrare durante l'esercizio. Solitamente queste tipologie di interventi non vengono remunerate attraverso una particolare voce del canone, ma mediante un corrispettivo extra contrattuale a carico del cliente stesso, il quale può decidere se avvalersi dei servizi della ESCO oppure di un tecnico di fiducia.

In quanto soggetto responsabile, la ESCO deve essere in grado di intervenire nel più breve tempo possibile secondo quanto definito nel contratto.

Il quantitativo della remunerazione si baserà sulla reale entità dell'operazione da effettuare: molto spesso i clienti possono richiedere l'intervento dei tecnici in seguito a danni di lieve entità o comunque di facile risoluzione, per cui è difficile pensare ad un adeguato rimborso: è opportuno che una ESCO sia sempre in grado di far fronte alle esigenze del cliente e pertanto prevedere una minima perdita derivante dalla risoluzione di queste problematiche durante la redazione del Business Plan.

Nell'ambito della gestione e manutenzione degli impianti si riportano alcuni esempi di interventi che possono essere eseguiti dalla ESCO (se previsti contrattualmente), specificando in tali casi se possono essere presi in carico dall'azienda a seconda che il cliente sia un Condominio oppure una Struttura Collettiva.

Lista interventi erogabili dalla ESCO		Condomini	Strutture collettive	note
Raccogliere, conservare e rendere disponibile al Cliente la documentazione tecnica dell'intervento	Spese ESCO	X	X	
	Spese Cliente			
Eeguire l'analisi di idoneità all'esercizio dell'impianto/ del sistema Edificio-Impianto	Spese ESCO	X	X	
	Spese Cliente			
Definire le modalità di esercizio (programmazione, impostazione parametri ecc.)	Spese ESCO	X	X	

Lista interventi erogabili dalla ESCO		Condomini	Strutture collettive	note
dando le istruzioni al personale preposto	Spese Cliente			
Assistere il Cliente nella gestione dei rapporti con l'Autorità.	Spese ESCO	X	X	
	Spese Cliente			
Attività ravvisate dal Fornitore ma eccedenti le competenze di quest'ultimo (es. accertamento del corretto utilizzo dell'energia con misura della temperatura interna dei singoli ambienti)	Spese ESCO		X	Nel preventivo prevedere un costo per attività di accertamento e rilievo parametri ambientali
	Spese Cliente	X		
Manutenzione ORDINARIA al fine di mantenere gli interventi in perfette condizioni di funzionamento, con sostituzione dei materiali di consumo.	Spese ESCO	X	X	
	Spese Cliente			
Manutenzione e verifica periodica di carattere ORDINARIO concordata nei tempi e nelle modalità mediante accordo tra le Parti.	Spese ESCO	X	X	
	Spese Cliente			
Predisporre i registri degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, delle verifiche ispettive e periodiche su modello da concordare con il Cliente	Spese ESCO	X	X	
	Spese Cliente			
Ulteriori adeguamenti normativi degli impianti	Spese ESCO			
	Spese Cliente	X		

3.Gli Energy Performance Contracts

Lista interventi erogabili dalla ESCO		Condomini	Strutture collettive	note
Servizio di reperibilità per interventi non urgenti	Spese ESCO	X	X	Per interventi in garanzia previsti contrattualmente
	Spese Cliente	X	X	Per tutti gli altri interventi
Servizio di pronto intervento tecnico	Spese ESCO	X	X	Per interventi in garanzia previsti contrattualmente
	Spese Cliente	X	X	Nelle strutture collettive potrebbe essere incluso se previsto nel costo del canone
Sistema informativo per la gestione informatizzata (es. gestione documentazione impianti, planimetrie, orari accensione impianti, orari occupazione locali ecc.)	Spese ESCO	X	X	
	Spese Cliente			
Oneri in caso di guasto e/o disfunzione delle apparecchiature di misurazione dell'energia erogata	Spese ESCO	X	X	Per interventi in garanzia previsti contrattualmente
	Spese Cliente	X	X	In caso di guasto imputabile ad un comportamento errato del cliente
Richieste extra di ripartizione dei consumi	Spese ESCO			
	Spese Cliente	X	X	

Tabella 3-Lista dei possibili interventi effettuabili da una ESCO

3.4.5 *Monitoraggio e Verifica dei risparmi*

La verifica del risparmio ottenuto è un passo fondamentale per una perfetta collaborazione tra la ESCO e il cliente, permettendo di verificare la correttezza delle previsioni fatte in sede di preparazione del contratto e di stesura del Business Plan, nonché per poter calcolare in maniera univoca l'ammontare della rata che il cliente dovrà versare al fornitore di servizi; senza la verifica del risparmio conseguito, la remunerazione della ESCO dovrebbe effettuarsi mediante delle considerazioni a priori, facendo venire meno la caratteristica delle Energy Service Companies di fornire garanzia del risultato ottenuto. Il monitoraggio è fondamentale non solo per la ESCO ma per lo stesso cliente, in quanto se da una parte c'è la necessità di avere una base veritiera per il pagamento di un canone, dall'altra esso può verificare il corretto operato dell'azienda e contestare la mancanza del raggiungimento del risparmio garantito.

In sede contrattuale è previsto che la ESCO esegua le letture dei contatori o dei sistemi di ripartizione dei consumi a distanza adeguata nel corso della durata dell'esercizio, e che ne dia informazione allo stesso cliente. Quest'ultimo poi, avrà la possibilità di accedere ai sistemi di misurazione ogni qualvolta ne ravvisi la necessità, oppure ne può fare richiesta alla ESCO stessa, la quale si impegnerà a darne tempestiva comunicazione.

Il principio fondamentale che contraddistingue il settore dell'efficienza energetica, è che l'unica modalità per dimostrare il raggiungimento di un obiettivo di risparmio è la misura di un consumo energetico minore rispetto lo storico di riferimento, e allo stesso tempo una riduzione della spesa rispetto la situazione ante-intervento.

Solitamente risulta più utile definire il risparmio in termini energetici piuttosto che monetari, data l'aleatorietà dei prezzi dell'energia che possono portare a delle stime errate dell'importo in bolletta.

Non sempre è facile determinare il risparmio a seguito dell'implementazione di uno o più interventi a causa della molteplicità di fattori coinvolti, nonché le metodologie seguite possono variare a seconda del diverso know-how aziendale.

3.4.5.1 L'IPMVP

L'International Performance Measurement and Verification Protocol è un protocollo internazionale a cura di EVO (12) (Energy Valuation Organization) che permette di calcolare il risparmio energetico conseguito in seguito ad un intervento di riqualificazione energetica. Il vantaggio principale di avere a disposizione uno strumento di monitoraggio internazionale è quello di non dover stabilire di volta in volta un sistema diverso per ogni tipologia di contratto, contribuendo in questo modo a ridurre il costo per la stessa ESCO e ad aumentare la fiducia del cliente medesimo.

3.Gli Energy Performance Contracts

La struttura dell'IPMVP richiede che si attuino determinate attività in punti chiave dell'intero processo, i quali possono essere riassunti nei seguenti:

- a) Verifica operativa: in base alle diverse tipologie di intervento realizzate, si possono attuare delle ispezioni visive oppure la misurazione dei parametri principali di consumo energetico, per un periodo abbastanza lungo in modo da rappresentare, il più possibile, l'intero campo di funzionamento.
- b) Definizione del confine di misura: a seconda della diversa soluzione proposta, si può decidere se restringere il confine di misura nell'intorno del singolo intervento realizzato (ad esempio, per la sostituzione di una caldaia condominiale, i limiti potrebbero estendersi dalla linea di alimentazione del gas all'inizio del sistema di distribuzione) oppure esteso all'intero sistema edificio-impianto.
- c) Periodi di riferimento e di rendicontazione: per quanto riguarda il primo, il protocollo stabilisce che debba essere il più vicino possibile al periodo temporale in cui si decide di implementare l'intervento stabilito e deve essere rappresentativo delle modalità di funzionamento dell'impianto/struttura. Periodi più lontani potrebbero non rappresentare correttamente le condizioni esistenti appena precedenti l'attuazione dell'intervento e potrebbero causare un'errata caratterizzazione dei risparmi. Anche la durata del periodo di rendicontazione dovrà prendere in considerazione un ciclo di funzionamento normale dell'apparecchiatura o del sistema edificio-impianto.

Il protocollo stabilisce che debbano essere effettuati gli opportuni aggiustamenti dei valori misurati, al fine di porre i consumi registrati nel periodo di rendicontazione sulla stessa base del periodo di riferimento. L'IPMVP definisce due tipologie di aggiustamenti:

- a) Ordinari: relativi a tutti quei fattori che normalmente possono influenzare il consumo di energia durante il periodo di rendicontazione (come ad esempio le variabili metereologiche),
- b) Straordinari: tutti quei fattori che si pensa normalmente non cambino (come ad esempio la dimensione della struttura, i turni di produzione, le modalità di funzionamento degli impianti ecc.).

Per la misura del risparmio, il protocollo considera quattro diverse metodologie di calcolo, che differiscono per le informazioni necessarie in ingresso e per l'ampiezza del confine considerato. Le opzioni A e B riguardano l'installazione di singoli interventi mentre invece le opzioni C e D riguardano progetti più complessi. A seconda dell'opzione scelta, si dovranno considerare diverse tecniche di misurazione che vanno

dall'interpretazione delle fatture dell'energia, fornite dal cliente, alla simulazione calibrata dell'intero sistema edificio-impianto. Per progetti più complessi o per l'analisi di singoli interventi, si dovranno utilizzare contatori dedicati o software di simulazione che potrebbero incrementare il costo del servizio di misura.

A titolo informativo ma non esaustivo si riporta una breve descrizione delle quattro opzioni caratterizzanti il protocollo.

Opzione A

Questa opzione prevede l'isolamento del confine di misura, la conoscenza di alcuni parametri e la stima di altri, sulla base di informazioni fornite dall'utente relative ai dati storici, come ad esempio le ore di funzionamento, i dati di targa dichiarati dal costruttore ecc. La metodologia proposta può essere determinata per la costruzione della Baseline di riferimento e, attraverso i parametri dichiarati da costruttore e cliente, è possibile definire il risparmio atteso. Un chiaro esempio potrebbe essere la riqualificazione di un impianto di illuminazione, dove la potenza installata è un dato certo e misurato, mentre le ore di funzionamento sono dichiarate dallo stesso cliente. È un metodo di misura che presenta un più ampio margine di insicurezza rispetto agli altri e deve prevedere delle opportune verifiche periodiche per confermare le assunzioni fatte.

Il vantaggio principale è rappresentato dal minor costo, il quale può andare dall'1% al 5% del costo dell'esecuzione del progetto. Tuttavia talune volte, una buona stima potrebbe comportare un costo più elevato rispetto alla misura del parametro.

Opzione B

Simile all'opzione precedente, anch'essa riguarda l'isolamento del singolo intervento effettuato. In questo caso non si applicano delle stime ma si effettuano delle misurazioni continue, dopo il completamento del progetto, o per un arco temporale definito, di breve o lunga durata. Nella maggior parte dei casi questa rappresenta la scelta migliore per i contratti di prestazione energetica che riguardino i singoli interventi e che richiedono delle valutazioni più affidabili per la determinazione del risparmio e, di conseguenza, del canone monetario annuo. Ovviamente un aumento dell'affidabilità comporta anche dei costi maggiori: solitamente vanno dal 3% al 10% del costo di esecuzione del progetto, dovuti essenzialmente alla necessità di installare dei contatori dedicati.

Opzione C

Questa opzione si applica a tutte quelle situazioni in cui sussiste una molteplice varietà di interventi ed il confine di misura si estende all'intero sistema edificio-impianto. Solitamente ci si avvale dei dati ricavati dalle bollette dell'energia oppure dalle letture

3.Gli Energy Performance Contracts

dei consumi registrati dal contatore del distributore.

La metodologia può essere impiegata in tutti quei casi in cui sussista l'inapplicabilità di un sistema più preciso per motivi tecnici od economici.

Solitamente questa opzione si applica quando i risparmi energetici sono sufficientemente elevati tali da poter essere tangibili a livello dell'intero sistema impianto-struttura.

Opzione D

L'ultima opzione fa riferimento all'implementazione di un modello di simulazione del comportamento del sistema edificio-impianto, nella situazione ante e post intervento, tramite l'ausilio di opportuni software ingegneristici. La metodologia è utile nei casi di progetti di nuova costruzione, ampliamenti strutturali che necessitano di valutazioni separate dal resto, oppure a causa della mancanza di contatori dell'energia nel periodo di riferimento. Il calcolo dei risparmi è definito come la differenza tra l'energia utilizzata nel periodo di riferimento e quella nel periodo di rendicontazione, entrambe ricavate dal modello di simulazione, più i relativi aggiustamenti e calibrazioni. Nel caso di prestazioni pluriennali, l'opzione può essere utilizzata per il primo anno dopo l'attuazione dell'intervento, successivamente può risultare meno costoso implementare l'opzione C. Anche in questo caso il costo dipende dal numero degli interventi e dalla complessità del modello: in genere intorno al 3%-10% del costo di esecuzione del progetto.

Di seguito si riporta una tabella che riassume la tipologia di opzione consigliata a seconda delle caratteristiche dell’Azione di Miglioramento dell’Efficienza Energetica (AMEE), reperita dal sito dell’Efficiency Valuation Organization.

Caratteristica del progetto dell’AMEE	Opzione suggerita			
	A	B	C	D
Necessità di valutare le AMEE singolarmente	X	X		X
Necessità di valutare solo le prestazioni dell’intero impianto/struttura			X	X
Risparmi attesi inferiori al 10% del contatore del distributore	X	X		X
Significatività non chiara di alcune variabili che influenzano il consumo dell’energia		X	X	X
Effetti interattivi dell’AMEE significativi o non misurabili			X	X
Previsione di molte future variazioni nell’ambito del confine di misura	X			X
Necessità di valutazione a lungo termine delle prestazioni	X		X	
Non disponibilità di dati di riferimento				X
Il personale non tecnico deve comprendere i rapporti	X	X	X	
Disponibilità di personale con competenza nella misura	X	X		
Disponibilità di personale con competenza in programmi di simulazione				X
Disponibilità di personale con esperienza di lettura delle fatture del venditore e di analisi di regressione			X	

Tabella 4-Riassunto delle opzioni consigliate a seconda delle caratteristiche del progetto

3.4.6 *Principali rischi e criticità*

I rischi connessi alla realizzazione di ogni progetto che abbia come obiettivo il miglioramento dell'efficienza energetica possono essere riassunti nel seguente elenco (13):

- Rischio economico: questa tipologia si riferisce alla possibilità di variazione del costo e degli oneri dovuti ad un incremento della domanda dell'energia. Nella maggior parte dei contratti EPC standard tale rischio è condiviso tra le Parti contrattuali, mentre invece nei modelli a risparmio garantito è la ESCO ad assumersi tutta la responsabilità, allo stesso modo per quanto riguarda la variazione dei costi del materiale o della manodopera.
- Rischio finanziario: la causa principale è da ricercarsi nella scarsa fiducia dei soggetti finanziatori (ad esempio banche ed istituti di credito) nel recupero del debito tramite il risparmio. Ogni ritardo dovuto ad una non precisa previsione dei tempi di realizzazione, nella consegna delle attrezzature, a risparmi insufficienti ecc. portano ad una mancata restituzione della rata del finanziamento con il conseguente incremento degli oneri a carico del soggetto richiedente il prestito, ovvero, nella maggior parte dei casi, la ESCO stessa.
- Rischio operativo: si riferisce essenzialmente a possibili errori di progettazione, a difetti delle apparecchiature imputabili ad una mancata od insufficiente manutenzione oppure, il più delle volte, a causa di un drastico cambio di comportamento dell'utente. Per esempio se il cliente lamenta un'eccessiva rumorosità dell'impianto o scarsa qualità dell'aria ambiente, questo potrebbe tradursi in una riduzione o aumento delle ore di funzionamento, con pesanti conseguenze nel raggiungimento dei risparmi. In questo caso il rischio è di entrambe le parti contrattuali, in quanto la ESCO non può essere ritenuta completamente responsabile in seguito ad un drastico cambiamento delle condizioni d'uso. Nel contratto dovranno prevedersi delle opportune clausole in modo che la ESCO possa tutelarsi dall'insorgere di queste evenienze.
- Rischio di misura e verifica: tutti quei rischi dovuti ad errori di misura, mancata lettura dei consumi o danneggiamento dei contatori che non permettono di realizzare una corretta contabilizzazione dei risparmi. In questo caso le problematiche si riflettono sia sulla ESCO che sul cliente, in quanto, se da un lato non è possibile effettuare una corretta remunerazione per l'azienda, dall'altra non vi è la presenza di sufficienti valori tali da poter comprovare un'errata attribuzione del canone al cliente.

Un'altra importante criticità a cui spesso non è data la giusta importanza è riscontrabile in un ritardo nel pagamento del canone da parte del cliente: a volte il problema sta proprio nella mancanza di liquidità di quest'ultimo. Questo costituisce un importante problema per la ESCO, in quanto percepisce un rallentamento dei propri flussi di cassa positivi. Come già accennato in precedenza, anche la durata è vista sia dal cliente che dalla stessa azienda come una caratteristica peculiare dell' EPC: dal momento che non tutti i clienti sono disposti ad accettare contratti che si dilungano per più di cinque anni (o addirittura tre nel caso delle industrie), le ESCO potrebbero vedersi chiusa una buona fetta di mercato dell'efficienza energetica, essendo questi utenti solitamente i più energivori e quindi i più redditizi dal punto di vista del risparmio.

Relativamente a quanto appena detto, una delle principali criticità che fungono da vera e propria barriera tecnica all'avvio di tali contratti è la scarsa informazione dei clienti riguardo i propri consumi e sul peso dei costi delle bollette energetiche. Per molti clienti, soprattutto le grandi aziende, risulta di maggior interesse ridurre i costi di investimento iniziali ed essere svincolati da qualsiasi forma contrattuale che possa portare con sé anche un minimo rischio di modifica del *core business* piuttosto che cercare soluzioni, seppur più onerose, che garantiscano costi di gestione più contenuti; si tratta di una scelta il più delle volte irrazionale, dal momento che i costi operativi di un particolare impianto o macchinario sono determinati dall'analisi dei costi nell'intero periodo di vita.

Un altro aspetto cruciale sono le barriere amministrative dettate dalle leggi e regolamenti delle autorità locali, che possono far lievitare il costo degli interventi e di conseguenza l'applicabilità del contratto stesso.

3.Gli Energy Performance Contracts

4 Tecnologie innovative per la climatizzazione

In questo capitolo si riporterà una descrizione completa della tecnologia scelta per l'intervento di efficienza energetica preso in considerazione nel caso studio del presente elaborato.

Il motivo che spinge un professionista nella scelta di una tecnologia rispetto ad un'altra solitamente si basa sul miglior compromesso tra la qualità ed il prezzo dell'intervento. Le scelte possono essere diverse a seconda della politica e della *mission* aziendale, e possono essere condivise oppure no dagli altri professionisti del settore.

Sinergia S.C. ha fondato la sua mission sull'efficienza energetica e la qualità del servizio offerto, decidendo di implementare soluzioni all'avanguardia ed efficienti per permettere al cliente di ottenere il più alto livello di risparmio.

Installando tecnologie efficienti e allo stato dell'arte, si dà al cliente la garanzia del risultato, consentendogli, a fine rapporto contrattuale, di godere interamente di un elevato risparmio energetico.

Tra le tecnologie di generazione più utilizzate per il riscaldamento si trovano:

- Caldaie a condensazione: sono l'investimento di punta per quanto riguarda la riqualificazione delle centrali termiche dei vecchi condomini. Rappresentano una soluzione facile da implementare, data la maturità tecnologica raggiunta da questi macchinari. La sostanziale differenza rispetto alle caldaie tradizionali consiste nella condensazione dei fumi di scarico allo scopo di sfruttare il calore latente del vapore acqueo presente nei gas. Il risultato è un innalzamento del rendimento di primo principio, dovuto al maggior calore recuperato a parità di combustibile bruciato in ingresso; i valori si attestano sopra l'unità, nettamente maggiori rispetto a quelli raggiunti dalle migliori caldaie tradizionali di vecchia generazione, i quali raggiungono il 93% massimo.
- Pompe di calore: sono macchine in grado di trasferire energia da una sorgente di calore a bassa temperatura ad un pozzo di alta temperatura, mediante l'utilizzo di un compressore alimentato da energia elettrica (fondamentalmente si basano su un ciclo frigorifero in cui l'effetto utile è il calore ceduto al condensatore invece del calore assorbito all'evaporatore), oppure utilizzando la tecnologia dell'assorbimento per effettuare la medesima operazione, sfruttando, in questo caso, vettori energetici diversi quali, ad esempio, il gas naturale di rete oppure l'acqua calda derivante da un impianto solare termico. La tecnologia presenta un certo grado di maturità ed il suo livello di conoscenza verso il cliente finale è aumentato notevolmente rispetto solo qualche anno fa. Le sorgenti e i pozzi termici più utilizzati sono l'aria esterna (o di recupero interna) e l'acqua (le

4. Tecnologie innovative per la climatizzazione

configurazioni più conosciute sono del tipo aria-aria o aria-acqua), ma possono utilizzare anche il terreno come sorgente termica (pompe di calore geotermiche a bassa entalpia)

- Solare termico: la tecnologia permette di trasformare la radiazione solare incidente sulla superficie del modulo in energia termica, per alimentare un impianto di riscaldamento o per la produzione di acqua calda sanitaria. Tali impianti dovranno prevedere l'installazione di un opportuno accumulo termico e dovranno essere accoppiati a dei sistemi di integrazione per riuscire a coprire l'intero fabbisogno.

La recente normativa impone l'obbligo di installazione di valvole termostatiche di corredo all'installazione di un innovativo sistema di generazione centralizzata nel caso di impianti di emissione a radiatori. Si tratta di particolari valvole da installare sull'alimentazione del terminale e che permettono di regolare in maniera automatica la temperatura degli ambienti interni, sfruttando anche il contributo dovuto agli apporti solari e ai carichi interni.

Esse regolano automaticamente il flusso d'acqua sulla base della temperatura ambiente misurata da un opportuno sensore: quanto più la temperatura si avvicina a quella di settaggio della valvola (regolabile ruotando la manopola graduata dalla posizione "0" alla posizione "max") tanto più la valvola si chiuderà e ridurrà la portata d'acqua di alimentazione del terminale.



Figura 9-Esempio di valvola termostatica

Una volta impostata la temperatura desiderata, non bisognerà quindi fare più niente durante il corso della stagione di riscaldamento, oppure si potranno impostare temperature ridotte o di antigelo in periodi di assenza.

È possibile dimostrare che l'implementazione delle valvole termostatiche comporta una riduzione del consumo di energia utile che può andare dal 10% al 15%, dal momento che viene data la possibilità all'utente finale di agire autonomamente sulla temperatura di set-point per ogni singola stanza.

Sono molto vantaggiose per gli impianti centralizzati in quanto evitano il surriscaldamento degli ambienti, i quali costringono l'utente ad adottare soluzioni caratterizzate da un elevato spreco energetico (come l'apertura delle finestre per abbassare la temperatura della stanza). Inoltre presentano effetti positivi sulla stessa distribuzione degli impianti centralizzati: quando i piani più caldi arrivano alla temperatura voluta, le valvole chiudono i radiatori consentendo un maggiore afflusso di acqua ai piani più freddi.

Nel seguente paragrafo verrà descritta dettagliatamente la tecnologia dell'assorbimento specificatamente applicata dalle pompe di calore della ditta Robur S.p.A., che Sinergia S.C. ha deciso di implementare per la riqualificazione del sistema di generazione assieme all'installazione di opportune caldaie a condensazione per coprire l'intero fabbisogno termico del cliente in esame durante la stagione invernale. Si riporterà, a scopo descrittivo, lo schema interno della macchina e verrà data una spiegazione della metodologia impiegata per valutare un possibile coefficiente di prestazione stagionale. Il metodo implementato per la valutazione delle prestazioni è quello descritto dalla norma UNI-TS 11300-4 con alcune variazioni ricavate dalla letteratura scientifica. L'azienda è stata molto disponibile a dare informazioni tecniche in merito ai macchinari, nonché a mettere a disposizione sul suo sito internet tutti i dati di targa e prestazionali delle macchine scelte e a fornire i prezzi di listino non solo delle pompe di calore ma anche di tutta l'attrezzatura e gli accessori di corredo, necessari ad una corretta installazione e messa in opera.

4.1 Le pompe di calore Robur GAHP-A

Le pompe di calore Robur della serie GAHP-A sono delle innovative pompe di calore che si basano sul ciclo termodinamico dell'assorbimento, funzionanti con la coppia di fluidi $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$, in cui l'ammoniaca rappresenta il fluido frigorifero. La configurazione è del tipo aria-acqua ed il calore necessario al generatore è fornito mediante la combustione di gas naturale fornito dalla rete di distribuzione. Sono dotate di recuperatore per il calore di condensazione dei fumi ed utilizzano l'aria esterna in qualità di fonte energetica rinnovabile (in media pari al 36% della potenza termica utile, in base a quanto dichiarato dalla casa costruttrice). I componenti elettromeccanici che costituiscono tutte le apparecchiature in pompa di calore GAHP-A si riducono al bruciatore, al ventilatore e alla pompa delle soluzioni. Questo permette un minor consumo di energia elettrica nonché un abbassamento dei costi di manutenzione sui componenti che possono essere soggetti ad usura. Il circuito ermetico non abbisogna di rabbocchi periodici durante l'intero ciclo di vita del prodotto, diversamente dai cicli a compressione.

Le pompe di calore della serie GAHP-A sono prodotte nella versione HT (High Temperature) o LT (Low Temperature) a seconda della temperatura di mandata dell'acqua di alimentazione dell'impianto. Nel caso preso in esame, date le caratteristiche del sistema di emissione, costituito da radiatori con annesse valvole termostatiche, è stata presa in considerazione soltanto la versione HT, con le quali è possibile ottenere una temperatura massima di alimentazione di 65°C ed una massima temperatura di ritorno di 55°C . Per un funzionamento continuo va considerata una temperatura minima di ritorno dall'impianto pari a 30°C , a fronte di una minima temperatura di mandata di 40°C . Per quanto riguarda l'aria esterna, il produttore ha dichiarato il funzionamento nel range tra i -20°C e i $+40^\circ\text{C}$.

Si può pertanto concludere che la versione HT risulta ottimale per servire impianti esistenti a radiatori, in cui le temperature di mandata si aggirano intorno ai $60-65^\circ\text{C}$ (retrofit). Il modello considerato può essere utilizzato soltanto per l'installazione esterna e può essere efficientemente impiegato per edifici adibiti ad uso residenziale, commerciale, industriale, terziario, alberghiero e in edifici pubblici (scuole, ospedali, musei, luoghi di culto, centri ricreativi e/o sportivi ecc.) per la realizzazione di impianti idronici costituiti da terminali di scambio quali: pannelli radianti da parete, soffitto o pavimento, ventilconvettori, scambiatori di calore di ogni tipo e geometria, radiatori tradizionali opportunamente dimensionati. Sfruttando inoltre la condensazione dei fumi, permettono di elevare ulteriormente l'efficienza della macchina, permettendo di utilizzare canne fumarie tradizionali in polipropilene. Le unità sono nella versione standard con ventilatore tradizionale, oppure nella **versione silenziosa**, caratterizzata da un ventilatore a pale maggiorate: la scelta è ricaduta su quest'ultima versione.

Nel caso si ravvisi la necessità di una potenza installata tale da optare per la scelta di due o più macchine, la Robur fornisce all'utente gruppi di unità realizzati in configurazione pre-assemblata a regola d'arte. Nel caso studio preso in esame la scelta è ricaduta proprio su questo caso, scegliendo di installare due unità GAHP-A pre-assemblate. L'azienda offre anche la possibilità di accoppiare le pompe di calore con caldaie a condensazione di loro produzione (ovvero i modelli AY Condensing). Mediante un opportuno sistema di regolazione, è possibile mettere in comunicazione le pompe di calore anche con generatori di altre tipologie e produttori. L'efficienza delle pompe di calore GAHP-A è scarsamente influenzata dalla temperatura esterna a differenza delle tradizionali pompe di calore elettriche.

Inoltre, dato il range di temperature esterne di funzionamento dichiarate, è possibile prevederne l'installazione anche in zone climatiche caratterizzate da un clima particolarmente rigido.

Come si vedrà più avanti, le caratteristiche prestazionali dichiarate dal produttore secondo la norma UNI EN 12309-2 permettono alla macchina di accedere agli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, sia per quanto riguarda le sole pompe di calore che per i sistemi ibridi Robur, ovvero pompa di calore e caldaia a condensazione, assemblati in fabbrica o *"factory made"*.

Nelle pagine seguenti verranno riportate le schede tecniche e le informazioni ricavate dal sito dell'azienda (14). Per quanto riguarda i valori di potenza e GUE al variare della temperatura esterna e dell'acqua di impianto, verranno opportunamente riportati nel paragrafo dedicato alla valutazione delle prestazioni stagionali.

4. Tecnologie innovative per la climatizzazione



Figura 10-Pompa di calore singola Robur modello GAHP-A versione "silenziosa"

FONTE: Robur

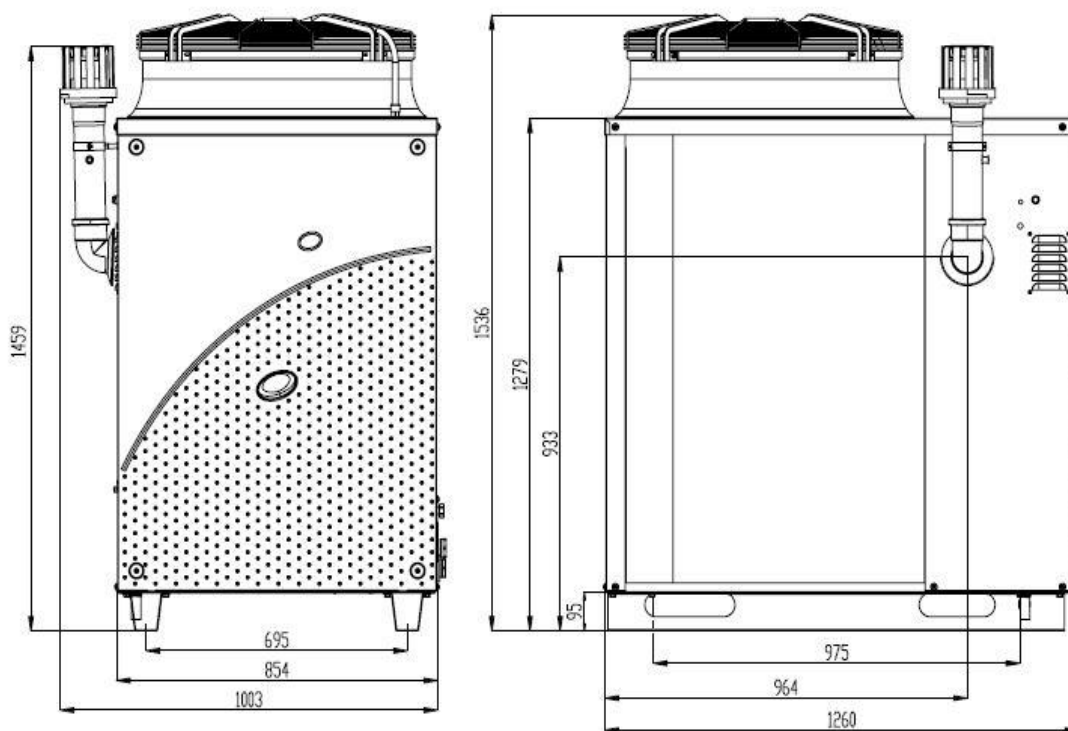


Figura 11-Vista frontale e laterale pompa di calore GAHP-A versione "silenziosa"

FONTE: Robur

4.Tecnologie innovative per la climatizzazione

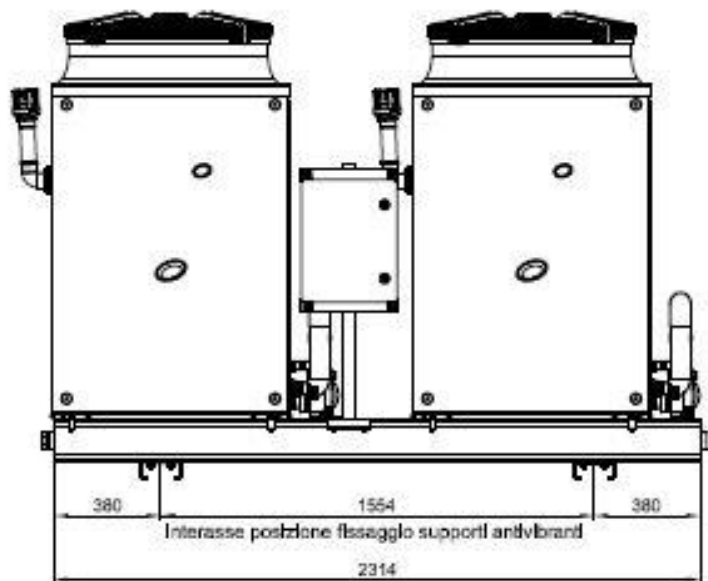
CARATTERISTICHE TECNICHE GAHP-A versione HT				
PRESTAZIONI NOMINALI		Unità Misura	GAHP-A HT Standard	GAHP-A HT Silenziata
TEMPERATURA ARIA ESTERNA (bulbo secco/bulbo umido)		°C	7/6	
TEMPERATURA ACQUA USCITA		°C	50	
POTENZA TERMICA ⁽¹⁾		kW	38,3	
G.U.E. (Efficienza di Utilizzo del Gas) ⁽¹⁾		%	152	
PORTATA ACQUA UTENZA (At=10°C)		l/h	3000	
PERDITA DI CARICO INTERNA ALLA PORTATA NOMINALE ⁽²⁾		bar	0,43	
LIMITI OPERATIVI				
TEMPERATURE ARIA ESTERNA (bulbo secco) (campo di funzionamento)		massima minima ⁽³⁾	°C	+40 -20
PORTATA ACQUA UTENZA		massima minima	l/h l/h	4000 1400
TEMPERATURA ACQUA INGRESSO		massima minima ⁽⁴⁾	°C	55 30
TEMPERATURA ACQUA USCITA (At=10°C)		massima	°C	65
CARATTERISTICHE DEL BRUCIATORE				
PORTATA TERMICA AL BRUCIATORE (1013 mbar – 15°C)		nominale reale	kW kW	25,7 25,2
CONSUMO GAS NATURALE G20 ⁽⁵⁾ (1013 mbar – 15°C)		nominale reale	m ³ /h m ³ /h	2,72 2,67
CONSUMO GAS G.P.L. G30/G31 ⁽⁶⁾ (1013 mbar – 15°C)		nominale reale	kg/h kg/h	2,03/2,00 1,99/1,96
DATI DI INSTALLAZIONE				
TENSIONE ALIMENTAZIONE ELETTRICA			230 V 1N - 50 Hz	
TIPO DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA			MONOFASE	
GRADO DI PROTEZIONE ELETTRICA			IP X5D	
POTENZA ELETTRICA ASSORBITA ⁽⁷⁾		nominale	kW	0,90 1,09
PRESSIONE DI ALIMENTAZIONE RETE GAS		NATURALE G20 G.P.L. G30/G31	mbar mbar	17 ÷ 25 25 ÷ 35
DIAMETRO ATTACCO GAS			"	¾" F
PRESSIONE MASSIMA DI ESERCIZIO			bar	4
CONTENUTO D'ACQUA ALL'INTERNO DELL'APPARECCHIO			l	4
DIAMETRO ATTACCHI ACQUA (USCITA / INGRESSO)			"	1" ¼ F
TIPO DI INSTALLAZIONE				B23, B33, B53
PORTATA FUMI		NATURALE G20 G.P.L. G30/G31	kg/h kg/h	42 43/48
TEMPERATURA FUMI		NATURALE G20 G.P.L. G30	°C °C	65 65
PREVALENZA RESIDUA FUMI			Pa	80
PERCENTUALE NOMINALE CO ₂ NEI FUMI		NATURALE G20 G.P.L. G30 G.P.L. G31	% % %	9,1 10,4 9,1
CLASSE DI EMISSIONE NO _x				5
EMISSIONE NO _x (media ponderata secondo EN 1020)			ppm	25
EMISSIONE CO			ppm	34
DIAMETRO TUBO EVACUAZIONE FUMI			mm	80
PORTATA ACQUA DI CONDENSAZIONE		massima	l/h	4,0
LIVELLO DI PRESSIONE SONORA A 10 METRI ⁽⁸⁾		massima	dB(A)	54 45
PESO IN FUNZIONAMENTO			kg	390 400
DIMENSIONI ⁽⁹⁾		larghezza profondità altezza	mm mm mm	848 848 1258 1258 1281 1537

Tabella 5-Scheda tecnica GAHP-A versione HT

FONTE: Robur

4. Tecnologie innovative per la climatizzazione

La seguente figura riporta la struttura e le dimensioni di un link pre-assemblato composto da due unità GAHP-A.



RTA 00-266 CC SIL

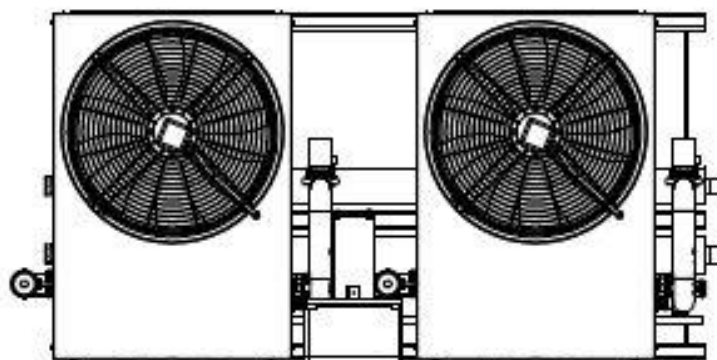


Figura 12-Vista frontale ed orizzontale link composto da due unità GAHP-A

FONTE: Robur

Di seguito invece si riportano le caratteristiche tecniche del link.


	
caring for the environment	
CODICE	FGAA000636
Descrizione	RTA00-266 HT S1 MET/NAT ITA CV
Composizione unità	2 GAHP-A
Circuito idraulico	2 tubi
Ventilatore	Brushless
Tipo alimentazione	MET/NAT
circolatori	Circuito primario //
	Wilo Yonos HF7 //
DATI BASE	
Potenza termica Totale (*)	(A7/W50) 76.6 kW
	(A-7/W60) 55.0 kW
Potenza termica GAHP (*)	(A7/W50) 76.6 kW
	(A-7/W60) 55.0 kW
Potenza termica Caldaia/e	- kW
Temperatura massima di servizio Riscaldamento	65.0 °C
Temperatura massima di servizio ACS	70.0 °C
ΔT nominale acqua calda	10.0 °C
Range di servizio acqua calda (temperatura esterna bulbo secco)	Min: -15 / Max: 40 °C
Potenza frigorifera (*)	0.0 kW
Potenza termica refrigeratore con recupero termico (*)	- kW
Portata termica reale massima (1013mbar 15°C)	51.4 kW
Consumo combustibile massimo	5.44 m3/h
Potenza elettrica nominale massima	1.78 kW
Tensione di alimentazione e grado di protezione elettrica	400 V 3N - 50 Hz - IP X5D
Prevalenza residua circuito primario	19.6 kPa
Attacchi idraulici	2" M
Attacchi Gas	1" 1/2 F
Peso	1059.0 kg
DIMENSIONI	
Lunghezza	2314.0 mm
Profondità	1245.0 mm
Altezza	1660.0 mm
(*) per punti di funzionamento: vedi manuale di progettazione e libretto istruzioni	

Tabella 6-Caratteristiche tecniche modulo composto da due unità GAHP-A

4.2 Descrizione del ciclo ad assorbimento nelle unità GAHP-A

Rispetto al classico ciclo frigorifero a compressione di vapore, il sistema adottato differisce per l'introduzione delle fasi di generazione ed assorbimento al posto del classico compressore presente nelle pompe di calore elettriche. La fase di generazione consente l'evaporazione del componente più volatile della miscela (in questo caso l' NH_3) mediante la combustione del gas naturale ed è preceduta da una serie di scambi termici di pre-riscaldamento della soluzione in ingresso al generatore. Nella fase di assorbimento, invece, si ha la miscelazione della soluzione povera di ritorno dal generatore con il fluido refrigerante in uscita dall'evaporatore, liberando calore verso l'ambiente esterno. Ovviamente è presente una pompa della soluzione per permettere l'innalzamento di pressione richiesto dal ciclo, consentendo il ritorno della miscela al generatore e ricominciare, così, l'intero processo.

Al fine di rendere più chiara la comprensione del ciclo, si riporta uno schema interno della macchina e una descrizione delle diverse fasi.

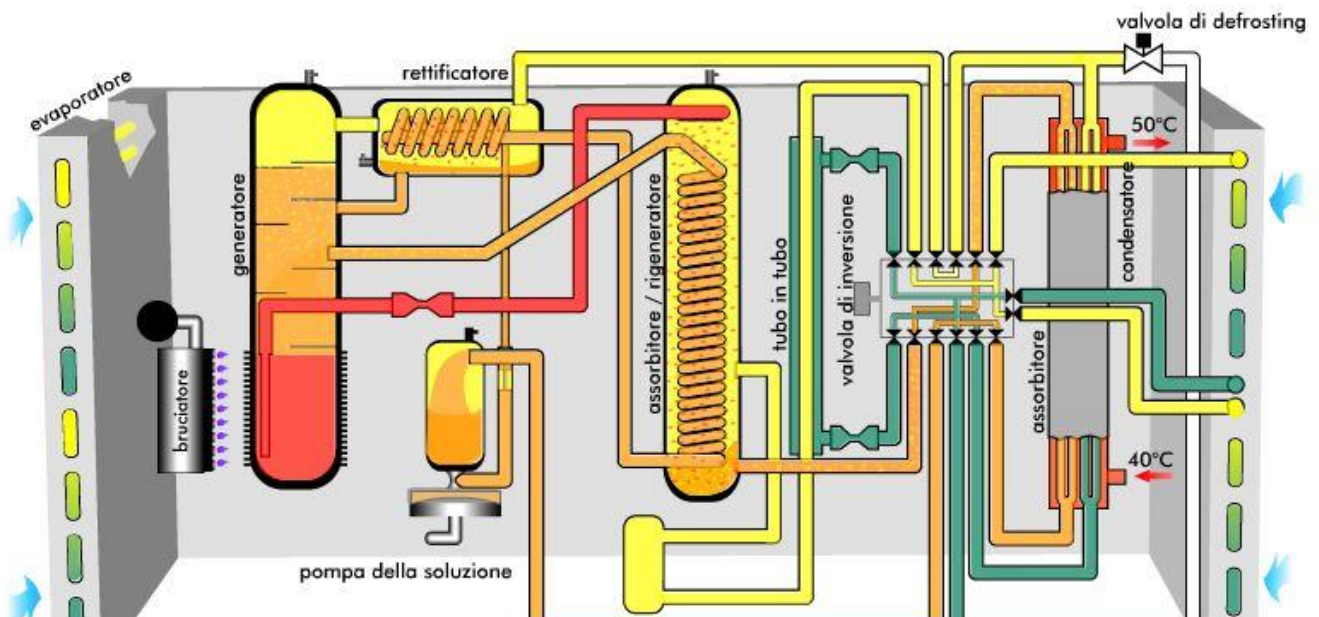


Figura 13-Schema circuito interno di una GAHP-A

FONTE: Robur

Il bruciatore a gas fornisce l'apporto di calore necessario a provocare la separazione dei due componenti della miscela, facendo evaporare l'ammoniaca (fluido "giallo" in figura) nella colonna di distillazione. L'insieme di questi due componenti caratterizza quello che comunemente viene chiamato "generatore" in una macchina ad assorbimento. Il fluido refrigerante, dopo avere passato un opportuno rettificatore in cui si depura dalle ultime gocce d'acqua ancora presenti, passa all'interno di uno scambiatore a fascio tubiero dove condensa scambiando il calore latente con l'acqua dell'impianto di riscaldamento.

Questo costituisce il primo effetto utile del ciclo.

In seguito l'ammoniaca liquida ottenuta in uscita (in verde nella figura) subisce una prima laminazione, un successivo raffreddamento passando attraverso uno scambiatore tubo in tubo, per poi venir laminata ulteriormente in modo tale da raggiungere i giusti livelli di pressione e temperatura.

Il flusso di ammoniaca liquida viene successivamente diviso in due diramazioni e mandato alla batteria alettata, dove viene fatto evaporare sottraendo calore all'aria esterna.

Il vapore di ammoniaca viene surriscaldato nello scambiatore tubo in tubo e viene inviato all'assorbitore/rigeneratore, dove viene a contatto con la soluzione povera (in rosso) nebulizzata dall'alto al fine di ripristinare la soluzione ricca di partenza, che si raccoglierà dal basso (in arancione). Poiché la reazione di assorbimento dovrà cedere ulteriore calore per potersi espletare completamente, la soluzione ricca viene rimandata nello scambiatore a fascio tubiero allo scopo di rilasciare il calore residuo all'acqua di alimentazione dell'impianto.

Questo costituisce il secondo effetto utile del ciclo.

Infine la soluzione viene inviata nuovamente al generatore attraverso la pompa delle soluzioni, passando prima per il rettificatore e poi per il serpentino dell'assorbitore (che ora svolge il ruolo di rigeneratore) dove si pre-riscalda recuperando calore dal ciclo stesso.

Essendo una pompa di calore aria-acqua è necessario prevedere la possibilità di formazione di ghiaccio sulle superfici della batteria alettata: il **defrosting** per questa tipologia di macchine si attua deviando una parte del flusso di ammoniaca dall'ingresso dello scambiatore a fascio tubiero verso la batteria alettata, mediante l'utilizzo di un'opportuna valvola. In questo modo non è necessario invertire il ciclo o attivare ausiliari elettrici. Questo perché, come si vede dallo schema, soltanto uno dei due apporti termici viene deviato verso la batteria, consentendo un rapido sbrinamento (in tempi dell'ordine dei 180 secondi, dichiarati da Robur) mantenendo allo stesso tempo il 50% di potenza al circuito di riscaldamento, senza alterare in modo sensibile l'efficienza della macchina.

4.3 Altre tecnologie

Di seguito si riporta una descrizione delle tecnologie a condensazione prese in considerazione in questo elaborato.

Robur AY-CONDENSING

L'unità AY è una caldaia a condensazione ad alta efficienza in grado di fornire acqua calda fino a 80°C. L'apparecchio è dotato di uno scambiatore di calore per separare il circuito idraulico interno dal circuito idraulico dell'impianto. La macchina rappresenta la soluzione ideale per essere integrata ai generatori ad assorbimento Robur per fornire la potenza di picco, dove le condizioni climatiche o economiche lo rendano conveniente. Grazie alle elevate efficienze in gioco permettono l'accesso agli incentivi, sia alle detrazioni del 65% e 50% che al Conto Termico 2.0. La peculiarità è data dalla possibilità di accoppiarle per formare un unico gruppo termico modulare funzionante in cascata; l'azienda offre la possibilità al cliente di richiedere gruppi dimensionati ad hoc, anche abbinati ad unità ad assorbimento o refrigeratori Robur.

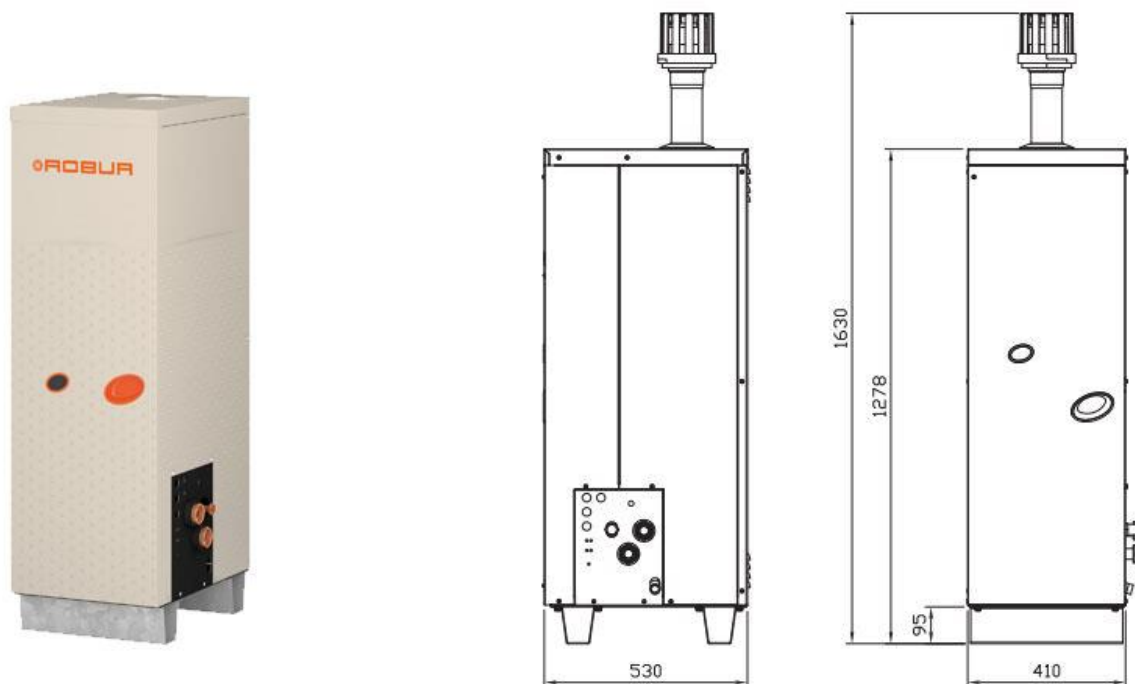


Figura 14-Vista frontale e laterale Robur AY Condensing

Di seguito la scheda tecnica dal sito del produttore.

Punto di funzionamento 80/60	Portata termica nominale	potenza utile	kW	34,4
		rendimento	%	98,6
	Portata termica media	rendimento	%	98,3
		Portata termica minima	rendimento	%
Punto di funzionamento 70/50	Portata termica nominale	rendimento	%	100,6
Punto di funzionamento 50/30	Portata termica nominale	rendimento	%	104,6
Punto di funzionamento Tr=30°C	Portata termica 30%	rendimento	%	107,5
Punto di funzionamento Tr=47°C	Portata termica 30%	rendimento	%	100,3
Portata termica	nominale (1013 mbar - 15 °C)		kW	34,9
	media		kW	21,5
	minima		kW	8,0
Temperatura mandata acqua riscaldamento	massima		°C	80
	minima		°C	25
	nominale		°C	60
Temperatura ritorno acqua riscaldamento	massima		°C	70
	minima		°C	20
	nominale		°C	50
Portata acqua riscaldamento	nominale		l/h	2950
	massima		l/h	3200
	minima		l/h	1500
Perdita di carico acqua riscaldamento	alla portata acqua nominale		bar	0,40 (1)
Classe di rendimento				****
Perdite di calore	al mantello in funzionamento		kW	0,15
	al mantello in funzionamento		%	0,44
	al camino in funzionamento		kW	0,86
	al camino in funzionamento		%	2,54
	a bruciatore spento		kW	0,058
	a bruciatore spento		%	0,17
Temperatura aria ambiente (bulbo secco)	massima		°C	45
	minima		°C	-20

Tabella 7-Scheda tecnica AY Condensing

I generatori a condensazione Robur possono essere accoppiati alle pompe di calore viste nei paragrafi precedenti, al fine di creare delle ottime soluzioni modulari per poter andare in contro a tutte le esigenze progettistiche e dimensionali. L'azienda fornisce i seguenti gruppi pre-assemblati *factory made*:

Modello	Composizione	Potenza termica riscaldamento/ACS kW	GUE sistema ⁽¹⁾ %	Dimensione larg./prof./alt. ⁽²⁾ mm	Peso kg
RTAY ⁽³⁾	1 A + 2 AY	110,10	145,0	2.314/1.245/1.400	729
	2 A + 1 AY	117,00	163,4	3.382/1.245/1.400	891
	1 A + 3 AY	144,50	135,6	3.382/1.245/1.400	975
	2 A + 2 AY	151,40	157,6	3.382/1.245/1.400	1.069
	3 A + 1 AY	158,30	164,1	4.936/1.245/1.400	1.175
	1 A + 4 AY	178,90	129,8	3.382/1.245/1.400	1.351
	2 A + 3 AY	185,80	150,6	4.936/1.245/1.400	1.435
	3 A + 2 AY	192,70	161,8	4.936/1.245/1.400	1.530
	4 A + 1 AY	199,60	164,3	6.936/1.245/1.400	1.635
	2 A + 4 AY	220,20	144,5	4.936/1.245/1.400	1.745
	3 A + 3 AY	227,10	157,6	4.936/1.245/1.400	1.908
	4 A + 2 AY	234,00	163,4	6.490/1.245/1.400	1.993
	3 A + 4 AY	261,50	152,9	6.490/1.245/1.400	2.098
	4 A + 3 AY	268,40	161,0	6.490/1.245/1.400	2.218
	4 A + 4 AY	302,80	157,6	6.490/1.245/1.400	2.302

Tabella 8-Gruppi multipli pre-assemblati da Robur

L'installazione di questi gruppi è sempre esterna.

Caldaia a condensazione BAXI Power HT

È una semplice caldaia a condensazione ad alta efficienza, caratterizzata da un alto grado di modulazione, permettendo di gestire più di una installazione in cascata mediante un pannello di controllo digitale con elettronica evoluta. L'installazione è a basamento. La tecnologia è stata presa in considerazione dato il prezzo veramente irrisorio offerto dal produttore, come si vedrà in seguito quando verrà effettuata l'analisi dell'investimento. Di seguito si riporta una scheda tecnica allo scopo di indicarne le caratteristiche: il modello preso in esame è il Power HT 1.18.

		1.115	1.135	1.180
Portata termica nominale	kW	114	125	170
Potenza termica nominale risc. (80/60°C)	kW	110,9	121,6	165,8
Potenza termica nominale risc. (50/30°C)	kW	121,4	133,1	181,3
Potenza termica minima (80/60°C)	kW	19,2	19,2	26,8
Potenza termica minima (50/30°C)	kW	21,3	21,3	29,8
Rendimento nominale (80/60°C)	%	97,3	97,3	97,5
Rendimento nominale (50/30°C)	%	109,5	109,5	109,6
Portata minima sullo scambiatore (80/40°C)	l/h	0	0	0
Classe NOx (EN 483)		5	5	5
Temperatura minima di funzionamento	°C	-5	-5	-5
Pressione massima di funzionamento	bar	6	6	6
Contenuto d'acqua	l	29	29	34
Quantità condensa (50/30°C)	l/h	15,2	16,6	22,6
Temperatura max di mandata	°C	90	90	90
Portata massica fumi max	kg/s	0,052	0,057	0,077
Portata massica fumi min	kg/s	0,009	0,009	0,015
Temperatura max fumi (80/60°C)	°C	60	61	61
Prevalenza residua fumi	Pa	100	100	100

Tabella 9-Caratteristiche tecniche BAXI Power HT

Le dimensioni (h x l x p) sono 1455*692*1008 mm per un peso netto di 240 kg. La potenza elettrica nominale è di 200 W, 34 W in modalità ridotta e 4 W in stand-by.

4.4 Calcolo delle prestazioni stagionali

In questo paragrafo si riporterà il metodo seguito per il calcolo delle prestazioni invernali dei sistemi a pompa di calore GAHP-A abbinati ai generatori di calore visti nella sezione precedente.

4.4.1 Descrizione del metodo dei bin

La norma italiana UNI TS 11300-4 (15) utilizza il metodo dei bin per schematizzare il clima esterno nella valutazione delle prestazioni stagionali delle pompe di calore aria-acqua. Un bin rappresenta il numero di ore in cui l'aria esterna assume un valore di temperatura che cade entro un intervallo ampio 1 K e centrato su un valore intero di temperatura. La norma italiana prevede un metodo di calcolo basato su una distribuzione gaussiana di temperatura esterna, che utilizza come valori in ingresso i dati locali di temperatura di progetto, temperatura esterna e irraggiamento medi mensili.

Il metodo prevede l'utilizzo dei dati climatici della norma italiana UNI TS 10349, nella quale è possibile trovare i valori di temperatura esterna ed irraggiamento per tutti i capoluoghi di provincia italiani e la metodologia per ricavare da essi i valori per tutte le altre località non comprese nell'elenco.

Temperatura esterna e di progetto

La norma UNI TS 10349 permette il calcolo della temperatura esterna media mensile anche per le località che non sono capoluoghi di provincia, tenendo conto della corretta localizzazione ed altitudine, applicando la seguente formula:

$$\theta_e = \theta_{er} - (z - z_r) * \delta$$

Dove:

- θ_{er} è la temperatura del capoluogo di provincia della località in esame
- z è l'altitudine s.l.m. della località considerata
- z_r è l'altitudine s.l.m. del capoluogo di provincia
- δ è il gradiente verticale di temperatura in funzione della zona geografica (nel caso in esame è pari a 1/178 per le località dell'Italia settentrionale transpadana)

La temperatura di progetto è fissata a $T_{prog} = -5^{\circ}\text{C}$ secondo normativa.

Irradiazione solare giornaliera media mensile

I valori di irradiazione solare media giornaliera, sia diffusa che diretta, sono tabulati all'interno della norma per tutti i capoluoghi di provincia italiani. Per le località non comprese è possibile calcolare un'irradiazione corretta che tenga conto della diversa localizzazione, rispetto al capoluogo, applicando la seguente formula:

$$H = H_{r1} + \frac{H_{r2} - H_{r1}}{\varphi_{r2} - \varphi_{r1}} * (\varphi - \varphi_{r1})$$

Dove:

- H_{r1} è l'irradiazione solare della prima località di riferimento
- H_{r2} è l'irradiazione solare nella seconda località di riferimento
- Φ_{r1} è la latitudine della prima località di riferimento
- Φ_{r2} è la latitudine della seconda località di riferimento
- Φ è la latitudine della località considerata

Si riportano in questa sezione i dati climatici delle località prese in considerazione nel corso del presente elaborato: i dati di Belluno hanno come unico scopo quello di effettuare una corretta interpolazione per ricavare le caratteristiche climatiche di Bassano del Grappa, località dove è prevista l'installazione delle macchine per il caso studio (come si vedrà in seguito).

DATI CLIMATICI DA NORMA UNI TS 10349							
	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile
m.s.l.m VICENZA	39						
t_media_VICENZA [°C]	13,9	8,5	4,1	2,4	4,2	8,5	12,9
Hdh_VICENZA [MJ/m2]	3,8	2,5	2	2,3	3,4	5	6,6
Hbh_VICENZA [MJ/m2]	5,5	2,9	2,4	2,3	4	6,8	8,7
Latitudine VICENZA [°]	45,53						
Hdh_BELLUNO [MJ/m2]	3,8	2,5	2	2,3	3,4	4,9	6,7
Hbh_BELLUNO [MJ/m2]	5,3	2,3	1,9	2	4,1	7	8,6
Latitudine_BELLUNO [°]	46,13						

Tabella 10-Temperature e irradiazioni medie mensile delle due località di riferimento

Le caratteristiche climatiche ricavate per Bassano del Grappa sono riassunte nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE CLIMATICHE BASSANO							
	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile
m.s.l.m BASSANO	129						
t_media_BASSANO [°C]	13,4	8,0	3,6	1,9	3,7	8,0	12,4
Latitudine_BASSANO [°]	45,77						
Hdh_BASSANO [MJ/m2]	3,80	2,50	2,00	2,30	3,40	4,96	6,64
Hbh_BASSANO [MJ/m2]	5,42	2,67	2,21	2,18	4,04	6,88	8,66
H-mese [MJ/m2]	9,22	5,17	4,21	4,48	7,44	11,84	15,30

Tabella 11-Caratteristiche climatiche ricavate per Bassano del Grappa

La distribuzione gaussiana prevede il calcolo di uno scarto quadratico medio mensile che secondo normativa presenta la seguente formulazione:

$$\sigma_{mese} = \Delta \sigma_{MAX} * k_{corr,\sigma,mese}$$

dove:

- $k_{corr,\sigma,mese}$ è un fattore correttivo definito dalla norma e presente i seguenti valori

	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile
k_corr_sc_mese	0	0	0,5	1	0,5	0	0

- $\Delta \sigma_{max}$ è invece dato formula:

$$\Delta \sigma_{MAX} = -0.502 - 0.15825 * (\theta_{mese,01} - \theta_{prog}) + 0.06375 * (\theta_{mese,01} - \theta_{prog})^2 - H_{mese,01} * 0.16$$

dove i valori di $\theta_{mese,01}$ e $H_{mese,01}$ sono quelli relativi al mese di gennaio, assunto come mese più freddo dell'anno.

Il fattore di densità $K_{bin,mese}$ è invece dato dalla seguente formula:

$$K_{bin,mese} = \frac{1}{\sigma_{mese} * \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2} * \left(\frac{\theta_{bin} - \theta_{mese}}{\sigma_{mese}}\right)^2} * \Delta \theta_{bin}$$

Conseguentemente la durata teorica del bin si calcola come:

$$t_{bin,mese,th} = K_{bin,mese} * t_{mese}$$

4. Tecnologie innovative per la climatizzazione

Dove con t_{mese} si intende proprio la durata del mese in ore: dal momento che Ottobre ed Aprile si considerano soltanto a metà nella stagione di riscaldamento, si divide banalmente il numero di ore totali di quei mesi per 2. Dato che la distribuzione normale si estende all'infinito, la norma dice di porre uguale a zero quei bin di temperatura inferiori all'1,5 % della durata del mese: si procede così ricalcolando l'effettiva durata dei bin mediante la seguente formula:

$$t_{bin,mese} = t_{mese} * \frac{t_{bin,mese,th}}{\sum t_{bin,mese,th}}$$

A titolo di esempio, si riporta di seguito la distribuzione dei bin per Bassano del Grappa:

h_mese	372	720	744	744	672	744	360	
Temperatura	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	TOT
-5	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	18	0	0	0	18
-3	0	0	0	31	11	0	0	42
-2	0	0	15	47	20	0	0	82
-1	0	0	29	64	31	0	0	125
0	0	0	48	81	45	0	0	174
1	0	0	71	92	60	14	0	238
2	0	0	93	96	73	22	0	284
3	0	19	106	90	81	34	0	330
4	0	36	107	78	83	47	0	350
5	0	59	96	61	77	60	8	361
6	0	85	76	43	66	72	12	353
7	7	106	53	28	51	81	16	341
8	12	113	32	16	36	84	21	315
9	19	105	18	0	24	81	26	273
10	27	85	0	0	14	72	31	229
11	36	59	0	0	0	60	34	189
12	43	35	0	0	0	47	36	161
13	46	18	0	0	0	33	36	134
14	46	0	0	0	0	22	33	102
15	42	0	0	0	0	14	30	85
16	34	0	0	0	0	0	25	59
17	26	0	0	0	0	0	20	46
18	17	0	0	0	0	0	15	32
19	11	0	0	0	0	0	11	22
20	6	0	0	0	0	0	7	13
21	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 12-Distribuzione dei bin di temperatura per Bassano del Grappa

Le caratteristiche termiche della struttura per la quale la pompa di calore integra il fabbisogno di riscaldamento durante il periodo invernale sono schematizzate con la **firma energetica** dell'edificio, che fornisce l'andamento della potenza termica richiesta in funzione della temperatura dell'aria esterna. Assumendo un andamento lineare, come spesso accade, la retta è facilmente identificabile una volta fissata il valore della temperatura esterna per cui il carico si annulla e la potenza richiesta dall'edificio alle condizioni di progetto.

Conseguentemente è possibile calcolare la potenza termica richiesta dall'edificio nell'i-esimo bin di temperatura $P_b(i)$ utilizzando la seguente formula:

$$P_b(i) = P_{prog} \left(\frac{T_{H,off} - T_{est}(i)}{T_{H,off} - T_{prog}} \right)$$

La corrispondente richiesta energetica dell'edificio $Q_b(i)$ si ottiene moltiplicando la potenza dell'i-esimo bin ottenuta con la formula precedente con la durata dell'i-esimo bin.

$$Q_b(i) = P_b(i) * t_{bin}(i)$$

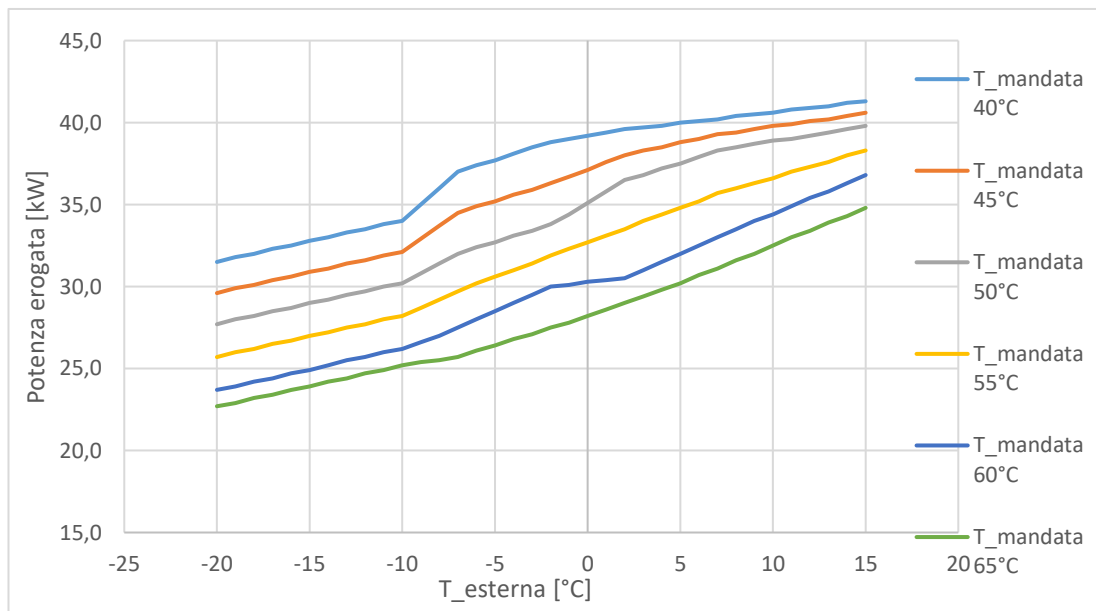
4.4.2 Caratterizzazione della Pompa di Calore

Nel presente paragrafo si riporterà la valutazione della performance stagionale delle pompe di calore Robur GAHP-A seguendo in parte la normativa UNI TS 11300-4 ed in parte il metodo esposto in (16), il quale può essere opportunamente adattato alle pompe di calore a gas nonostante faccia riferimento a pompe di calore elettriche. Il calcolo è stato effettuato al fine di ottenere un valore di G.U.E. stagionale sufficientemente coerente allo scopo di essere utilizzato come parametro per la costruzione del relativo contratto EPC. La potenza termica ed il GUE della macchina variano in funzione della temperatura esterna e della temperatura dell'acqua di mandata (o di ritorno). La Robur mette a disposizione, sul suo sito, tutte le informazioni necessarie al calcolo delle prestazioni della macchina, fornendo i valori di potenza e G.U.E. al variare delle condizioni sopracitate, in condizioni di funzionamento a carico nominale (CR=1). Si riportano di seguito le relative tabelle prese dal manuale di progettazione (17)

4. Tecnologie innovative per la climatizzazione

POTENZA TERMICA UNITARIA GAHP-A versione HT						
TEMPERATURA ARIA ESTERNA (T _a)	TEMPERATURA DI MANDATA ACQUA (T _{im})					
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
	TEMPERATURA DI RITORNO ACQUA (T _{ir})					
	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	q _h (kW)	q _h (kW)	q _h (kW)	q _h (kW)	q _h (kW)	q _h (kW)
-20°C	31,5	29,6	27,7	26,7	23,7	22,7
-19°C	31,8	29,9	28,0	28,0	23,9	22,9
-18°C	32,0	30,1	28,2	28,2	24,2	23,2
-17°C	32,3	30,4	28,5	28,5	24,4	23,4
-16°C	32,5	30,6	28,7	28,7	24,7	23,7
-15°C	32,8	30,9	29,0	29,0	24,9	23,9
-14°C	33,0	31,1	29,2	29,2	25,2	24,2
-13°C	33,3	31,4	29,5	29,5	25,5	24,4
-12°C	33,5	31,6	29,7	29,7	25,7	24,7
-11°C	33,8	31,9	30,0	30,0	26,0	24,9
-10°C	34,0	32,1	30,2	30,2	26,2	25,2
-9°C	35,0	32,9	30,8	29,7	26,6	25,4
-8°C	36,0	33,7	31,4	29,2	27,0	25,5
-7°C	37,0	34,5	32,0	29,7	27,5	25,7
-6°C	37,4	34,9	32,4	30,2	28,0	26,1
-5°C	37,7	35,2	32,7	30,6	28,5	26,4
-4°C	38,1	35,6	33,1	31,0	29,0	26,8
-3°C	38,5	35,9	33,4	31,4	29,5	27,1
-2°C	38,8	36,3	33,8	31,9	30,0	27,5
-1°C	39,0	36,7	34,4	32,3	30,1	27,8
0°C	39,2	37,1	35,1	32,7	30,3	28,2
+1°C	39,4	37,6	35,8	33,1	30,4	28,6
+2°C	39,6	38,0	36,5	33,5	30,5	29,0
+3°C	39,7	38,3	36,8	33,9	31,0	29,4
+4°C	39,8	38,5	37,2	34,4	31,5	29,8
+5°C	40,0	38,8	37,5	34,8	32,0	30,2
+6°C	40,1	39,0	37,9	35,2	32,5	30,7
+7°C	40,2	39,3	38,3	35,7	33,0	31,1
+8°C	40,4	39,4	38,5	36,0	33,5	31,6
+9°C	40,5	39,6	38,7	36,3	34,0	32,0
+10°C	40,6	39,8	38,9	36,6	34,4	32,5
+11°C	40,8	39,9	39,0	37,0	34,9	33,0
+12°C	40,9	40,1	39,2	37,3	35,4	33,4
+13°C	41,0	40,2	39,4	37,6	35,8	33,9
+14°C	41,2	40,4	39,6	38,0	36,3	34,3
+15°C	41,3	40,6	39,8	38,3	36,8	34,8

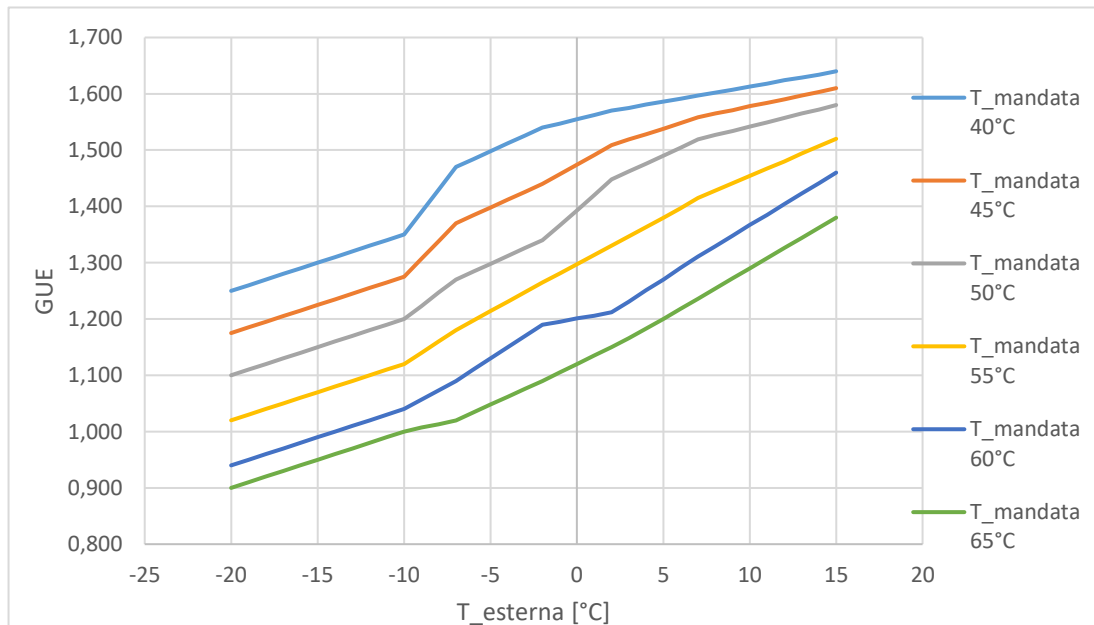
Tabella 13 – Valori di potenza unitaria al variare della temperatura esterna e dell'acqua dell'impianto



4. Tecnologie innovative per la climatizzazione

EFFICIENZA G.U.E. GAHP-A versione HT						
TEMPERATURA ARIA ESTERNA (T _a)	TEMPERATURA DI MANDATA ACQUA (T _{lm})					
	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
	TEMPERATURA DI RITORNO ACQUA (T _{rp})					
	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
-20°C	1,250	1,175	1,100	1,020	0,940	0,900
-19°C	1,260	1,185	1,110	1,030	0,950	0,910
-18°C	1,270	1,195	1,120	1,040	0,960	0,920
-17°C	1,280	1,205	1,130	1,050	0,970	0,930
-16°C	1,290	1,215	1,140	1,060	0,980	0,940
-15°C	1,300	1,225	1,150	1,070	0,990	0,950
-14°C	1,310	1,235	1,160	1,080	1,000	0,960
-13°C	1,320	1,245	1,170	1,090	1,010	0,970
-12°C	1,330	1,255	1,180	1,100	1,020	0,980
-11°C	1,340	1,265	1,190	1,110	1,030	0,990
-10°C	1,350	1,275	1,200	1,120	1,040	1,000
-9°C	1,360	1,285	1,210	1,130	1,050	1,010
-8°C	1,370	1,295	1,220	1,140	1,060	1,020
-7°C	1,380	1,305	1,230	1,150	1,070	1,030
-6°C	1,390	1,315	1,240	1,160	1,080	1,040
-5°C	1,400	1,325	1,250	1,170	1,090	1,050
-4°C	1,410	1,335	1,260	1,180	1,100	1,060
-3°C	1,420	1,345	1,270	1,190	1,110	1,070
-2°C	1,430	1,355	1,280	1,200	1,120	1,080
-1°C	1,440	1,365	1,290	1,210	1,130	1,090
0°C	1,450	1,375	1,300	1,220	1,140	1,100
+1°C	1,460	1,385	1,310	1,230	1,150	1,110
+2°C	1,470	1,395	1,320	1,240	1,160	1,120
+3°C	1,480	1,405	1,330	1,250	1,170	1,130
+4°C	1,490	1,415	1,340	1,260	1,180	1,140
+5°C	1,500	1,425	1,350	1,270	1,190	1,150
+6°C	1,510	1,435	1,360	1,280	1,200	1,160
+7°C	1,520	1,445	1,370	1,290	1,210	1,170
+8°C	1,530	1,455	1,380	1,300	1,220	1,180
+9°C	1,540	1,465	1,390	1,310	1,230	1,190
+10°C	1,550	1,475	1,400	1,320	1,240	1,200
+11°C	1,560	1,485	1,410	1,330	1,250	1,210
+12°C	1,570	1,495	1,420	1,340	1,260	1,220
+13°C	1,580	1,505	1,430	1,350	1,270	1,230
+14°C	1,590	1,515	1,440	1,360	1,280	1,240
+15°C	1,600	1,525	1,450	1,370	1,290	1,250

Tabella 14 – Valori di G.U.E. al variare della temperatura esterna e dell'acqua dell'impianto



Calcolo dell'energia erogata dalla pompa di calore

Una volta definita la firma energetica dell'edificio e noto l'andamento della potenza e del G.U.E. in base ai dati forniti dal costruttore, il metodo prosegue calcolando l'energia erogata dalla pompa di calore per ogni bin di temperatura applicando la seguente formula.

$$Q_{hp}(i) = P_{hp}(i) * t_{bin}(i) * CR(i)$$

Dove:

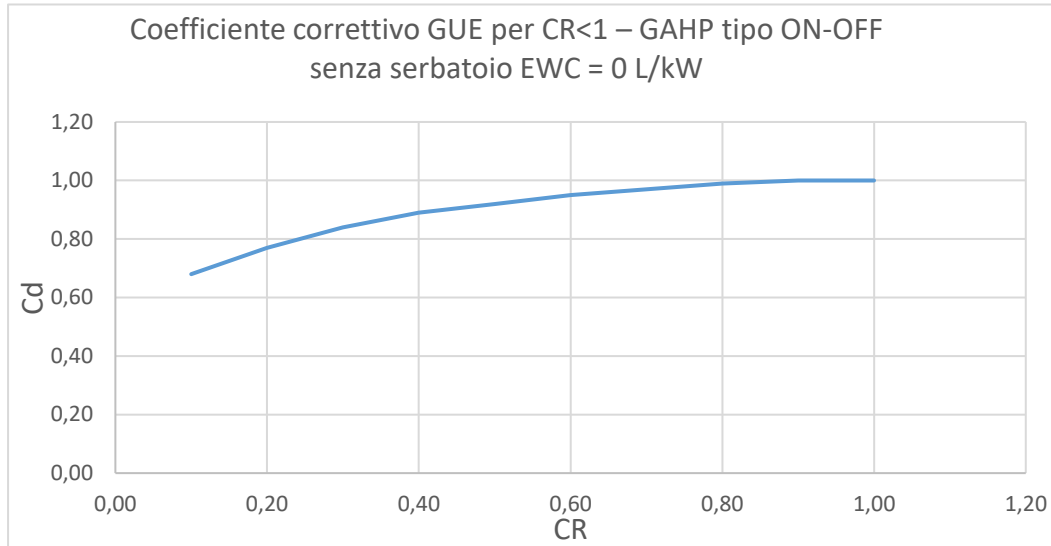
- $P_{hp}(i)$ è la potenza erogata dalla pompa di calore a carico nominale nell'i-esimo bin, il cui valore è indicato nelle tabelle sopra riportate
- $t_{bin}(i)$ è la durata dell'i-esimo bin di temperatura
- $CR(i)$ è il fattore di carico della macchina, definito come il rapporto tra la potenza richiesta dall'edificio nell'i-esimo bin e quella erogata dalla pompa di calore a carico nominale. Per valori del rapporto superiori all'unità, la macchina lavorerà nelle condizioni di carico massimo e sarà necessaria un'opportuna integrazione termica.
- $Q_{hp}(i)$ è l'energia erogata dalla pompa di calore nell'i-esimo bin

Calcolo dei fabbisogni di energia

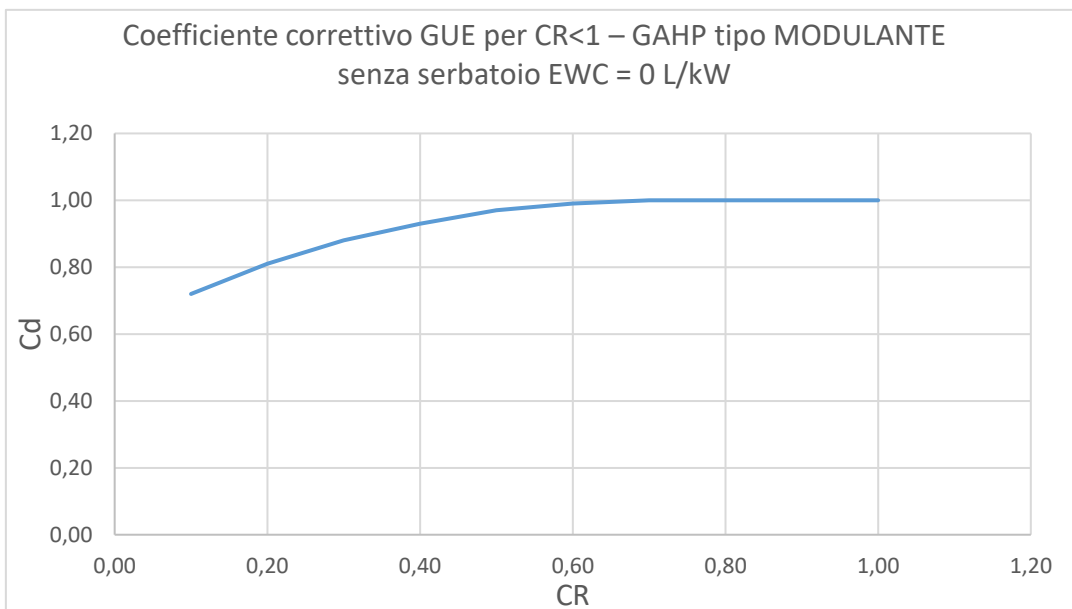
Il calcolo dei fabbisogni di energia in ingresso si effettua in base al fattore di carico CR, tenendo conto delle temperature $T_{cut-off}$, $T_{H,off}$ e la temperatura limite della sorgente fredda definita dal costruttore (TOL), al di sotto della quale la macchina si arresta: nonostante i valori di potenza e di G.U.E. dichiarati arrivino a temperature di $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, il costruttore ha definito una $TOL = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se il fattore di carico CR è maggiore o uguale a 1 e la temperatura è maggiore di $T_{cut-off}$, la pompa di calore è attiva ed è in grado di fornire tutta la potenza richiesta nel bin, ma il funzionamento è a carico parziale ed il GUE dovrà essere opportunamente corretto. La normativa impone che il valore di GUE a carico nominale venga moltiplicato per un opportuno fattore correttivo Cd , legato al fattore di carico CR, che dovrà essere fornito dal costruttore. La normativa fornisce dei valori di default per le pompe di calore sprovviste di serbatoio inerziale:

Coefficiente correttivo GUE per CR<1 – GAHP tipo ON-OFF senza serbatoio EWC = 0 L/kW										
CR	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Cd	0,68	0,77	0,84	0,89	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00



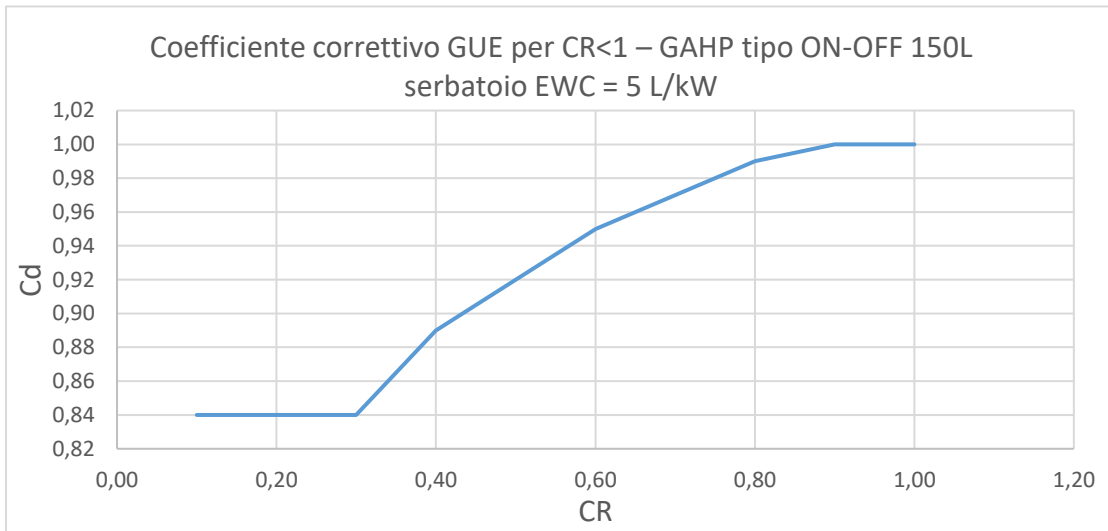
Coefficiente correttivo GUE per CR<1 – GAHP tipo MODULANTE senza serbatoio EWC = 0 L/kW										
CR	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Cd	0,72	0,81	0,88	0,93	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00



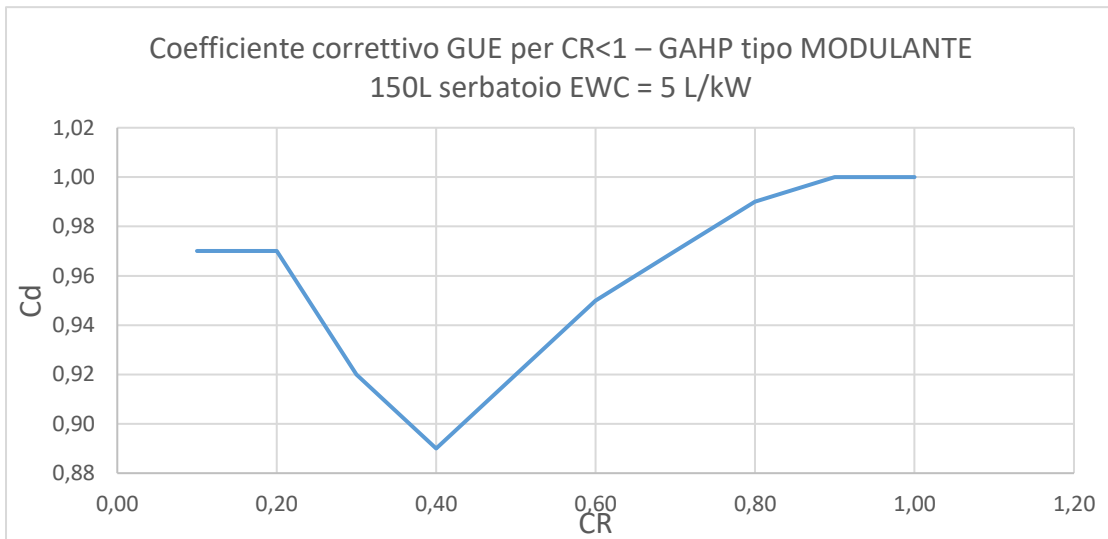
Nel caso in cui fosse presente un serbatoio inerziale il GUE dovrà essere corretto con i valori forniti dal costruttore: per i casi presi in considerazione nel presente elaborato, si riportano soltanto le tabelle relative ai fattori correttivi per impianti con serbatoi inerziali da 150 litri.

4. Tecnologie innovative per la climatizzazione

Coefficiente correttivo GUE per CR<1 – GAHP tipo ON-OFF con serbatoio EWC = 5 L/kW										
CR	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Cd	0,84	0,84	0,84	0,89	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00



Coefficiente correttivo GUE per CR<1 – GAHP tipo MODULANTE con serbatoio EWC = 5 L/kW										
CR	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Cd	0,97	0,97	0,92	0,89	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00



Come si può notare dalle tabelle precedenti, nel caso di CR maggiore o uguale ad 1 il valore di Cd è unitario.

L'energia richiesta in ingresso alla pompa di calore sarà quindi pari a:

$$E_{hp}(i) = \frac{Q_{hp}(i)}{(Cd * GUE)}$$

La differenza tra l'energia richiesta dall'edificio e quella erogata dalla pompa di calore nell'i-esimo bin rappresenta l'energia che dovrà essere fornita da un opportuno sistema di integrazione, che nel caso in esame è rappresentato dalle caldaie a condensazione.

Ipotizzando un rendimento medio stagionale di quest'ultime, si ricava l'energia finale in ingresso alle caldaie (E_{bu}). Infine il valore del GUE stagionale si ricava semplicemente facendo il rapporto tra la totale energia erogata e quella totale in ingresso alla pompa di calore:

$$GUE = \frac{Q_{hp,tot}}{E_{hp,tot}}$$

Mentre l'efficienza media stagionale dell'intero sistema si calcola come il rapporto tra la totale energia richiesta dalla struttura e la totale energia in ingresso al sistema di generazione (pompe di calore + caldaie a condensazione).

$$Rendimento\ stagionale = \frac{Q_b}{(E_{hp} + E_{bu})}$$

Nel caso studio riportato nel Cap.5 si farà riferimento al sopracitato metodo per il calcolo dell'efficienza stagionale delle pompe di calore ad assorbimento. Inoltre è possibile valutare la copertura del fabbisogno energetico con le sole pompe di calore a fronte dell'effettiva potenza installata in condizioni di progetto.

4. Tecnologie innovative per la climatizzazione

5 Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

L'intervento preso in considerazione nel presente capitolo riguarda l'installazione di due generatori a condensazione Baxi Power Ht e due pompe di calore Robur GAHP-A per servire una scuola ed un ostello a Bassano del Grappa. Al momento le caldaie risultano già installate e funzionanti da Ottobre 2016: l'azienda ha deciso di installare le pompe di calore essenzialmente per sopperire al fabbisogno estivo di acqua calda sanitaria e per integrare le caldaie durante la stagione di riscaldamento. Il presente capitolo ha come scopo la valutazione di un possibile finanziamento dell'intervento mediante la stipula di un contratto EPC con formula "Share Saving".

Si partirà dalla descrizione della situazione esistente ante-intervento, analizzando i consumi storici a partire dalle informazioni ricevute dal cliente per arrivare alla definizione degli indicatori prestazionali.

Seguirà un'analisi di redditività allo scopo di valutare se effettivamente l'intervento possa essere remunerativo per Sinergia, riportando l'andamento dei principali indicatori economici in funzione delle performance della macchina e dei consumi del cliente finale. L'analisi metterà alla luce i benefici e le potenziali criticità dei contratti EPC, nonché i limiti applicativi insiti in questa modalità contrattuale.

Si valuteranno anche le differenze sostanziali esistenti tra la metodologia dell'Energy Performance Contract e quella del Servizio Energia Plus, spiegando e valutando perché e quando una ESCO dovrebbe preferire una soluzione rispetto ad un'altra.

Nell'analisi si potrà apprezzare come l'utilizzo di incentivi sia una necessità e uno stimolo fondamentale per lo sviluppo dell'efficienza energetica e per accrescere il mercato e lo sviluppo delle Energy Service Companies in Italia.

5.1 L'intervento

La centrale termica è localizzata in una posizione interrata separata dall'edificio ed era caratterizzata, nella situazione ante-intervento, da 2 caldaie a gas metano di circa 30 anni di età, la cui potenza complessiva ammontava a 500 kW. I generatori funzionavano in sequenza con regolazione climatica originaria (anni '80) ed una temperatura di lavoro di 80 °C. La produzione di energia termica serve sia la scuola che l'ostello mediante due circuiti di distribuzione separati e caratterizzati da tubazioni in ferro mediamente isolate, corrose in alcuni punti specialmente nella linea di alimentazione dell'acqua fredda. La produzione di acqua calda è centralizzata con due bollitori (rispettivamente da 1000l e 800l), dotati di valvola termostatica elettronica con possibilità di eseguire cicli di sanificazione. Negli ambienti l'impianto di emissione è costituito da radiatori in acciaio lamellare e alcuni di essi presentavano valvole termostattizzabili, anche se non vi era la presenza di teste termostatiche né altri particolari sistemi di regolazione della temperatura

5. Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

nei singoli ambienti. Di seguito si riportano le foto delle due caldaie nella situazione ante-intervento.



Figura 15 - Caldaie esistenti nella situazione ante-intervento

5.1.1 Baseline dei consumi

In seguito ai dati pervenuti dalle analisi dei contatori di gas metano, è stato possibile definire una baseline di consumo per le stagioni 2014/2015 e 2015/2016.

I dati relativi agli anni precedenti non sono stati considerati poiché le modalità di consumo erano diverse da quella che è la situazione attuale: inizialmente l'ACS della scuola veniva prodotta in maniera centralizzata, ma dal 2014 si è resa indipendente grazie all'installazione di opportune pompe di calore elettriche. Pertanto l'intero fabbisogno di acqua calda sanitaria richiesto all'impianto centralizzato è imputabile all'ostello. I dati pervenuti dal contatore per la misura del gas erogato a servizio della climatizzazione degli ambienti e per la produzione di ACS sono i seguenti:

Mese	Consumo gas stagione 2014/15	Consumo gas stagione 2015/16
	Sm ³	Sm ³
Ottobre	1.080	2.040
Novembre	4.062	4.396
Dicembre	6.713	6.564
Gennaio	10.180	7.253
Febbraio	6.625	6.405
Marzo	5.604	5.565
Aprile	2.690	2.196
Maggio	1.147	1.032
Giugno	838	963
Luglio	705	1.091
Agosto	743	1.032
Settembre	855	1.030

Tabella 15 - Tabella dei consumi di gas da contatore per scuola ed ostello

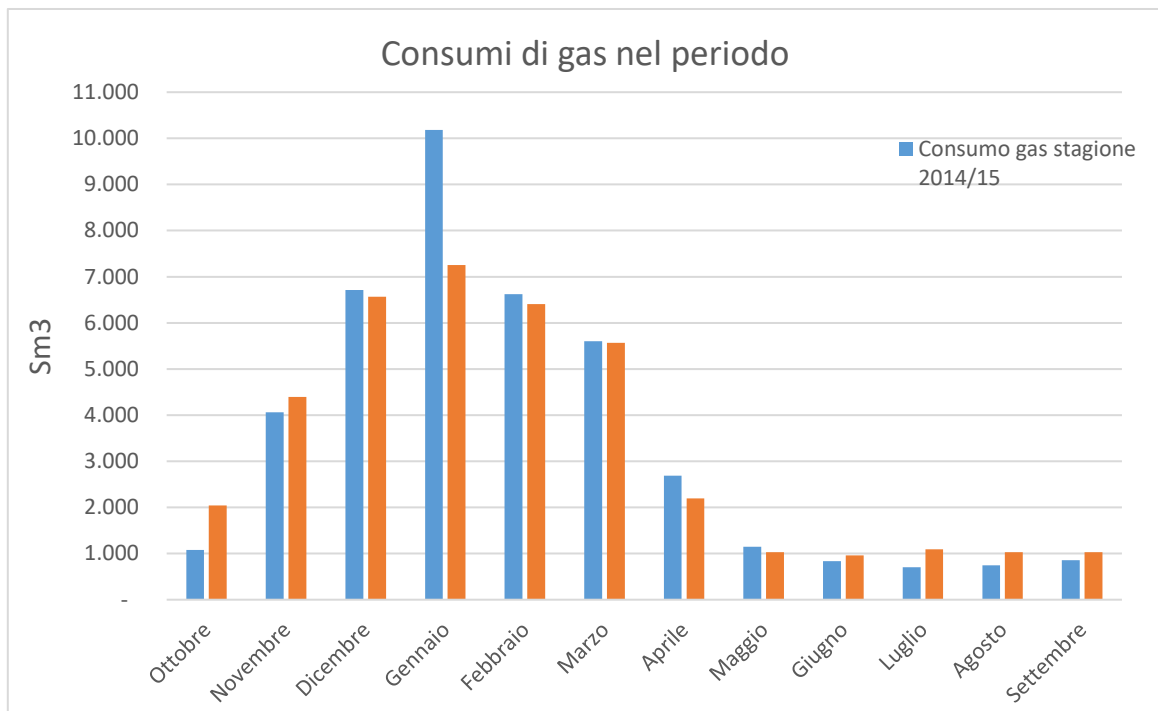


Figura 16 - Grafico dei consumi di gas per scuola ed ostello

Le due stagioni considerate sono caratterizzate da un profilo di consumo simile, ad eccezione dell'anomalia registrata a Gennaio 2015. Una leggera differenza si nota anche nei mesi più caldi, in cui il consumo maggiore è stato registrato per la stagione 2015/2016. Al fine di ottenere un profilo di consumo unico, è stata fatta la media delle due stagioni, normalizzando i consumi di riscaldamento al clima di riferimento, di cui se ne riportano i Gradi Giorno mensili, ricavati dal sito dell'Arpav.

Mese	GG mensili 2012/2013	GG mensili 2013/2014	GG mensili 2014/2015	GG mensili 2015/2016	GG mensili riferimento
	GG	GG	GG	GG	GG
Ottobre	121,0	123,2	89,4	124,1	114,4
Novembre	291	297	243,8	318,3	287,525
Dicembre	486,7	415,4	416,5	452	442,65
Gennaio	480,5	421,3	491,7	494,2	471,925
Febbraio	442,4	333,9	384,5	374,8	383,9
Marzo	387,5	260,9	316,7	324,3	322,35
Aprile	98,5	79,7	113,2	78,7	92,5

Tabella 16 - Tabella dei Gradi Giorno mensili per Bassano del Grappa

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

I valori di riferimento sono stati calcolati facendo le medie mensili dei Gradi Giorno degli ultimi 4 anni. Ovviamente soltanto i consumi di gas destinati alla climatizzazione degli ambienti interni dovranno essere normalizzati, secondo la formula riportata a pag. 25 (applicata mensilmente). È stato quindi necessario scorporare i consumi di gas indirizzati alla produzione di ACS: dal momento che tale fabbisogno è imputabile interamente all'ostello, e ponendo in prima approssimazione un consumo pressoché costante durante l'anno, dal momento che la struttura presenta un grado di occupazione simile nelle diverse stagioni secondo quanto dichiarato dai proprietari, il consumo medio mensile è stato considerato costante per tutti i mesi dell'anno ed il valore è pari alla media dei consumi mensili estivi.

Mese	Consumo acs 2014/15	Consumo riscaldamento 2014/15	Consumo riscaldamento normalizzato 2014/15
	Sm3	Sm3	Sm3
Ottobre	785,25	294,75	377,22
Novembre	785,25	3.276,75	3.864,43
Dicembre	785,25	5.927,75	6.299,92
Gennaio	785,25	9.394,75	9.016,92
Febbraio	785,25	5.839,75	5.830,64
Marzo	785,25	4.818,75	4.904,72
Aprile	785,25	2.266,50	1.852,53
Maggio	785,25	-	
Giugno	785,25	-	
Luglio	785,25	-	
Agosto	785,25	-	
Settembre	785,25	-	
TOTALE	9.423,00	31.819,00	32.146,38

Tabella 17 - Tabella consumi stagione 2014/2015

Mese	Consumo acs 2015/16	Consumo riscaldamento 2015/16	Consumo riscaldamento normalizzato 2015/16
	Sm3	Sm3	Sm3
Ottobre	1.029,50	1.010,50	931,62
Novembre	1.029,50	3.366,50	3.041,01
Dicembre	1.029,50	5.534,50	5.420,01
Gennaio	1.029,50	6.223,50	5.942,99
Febbraio	1.029,50	5.375,50	5.506,02
Marzo	1.029,50	4.535,50	4.508,23
Aprile	1.029,50	1.166,50	1.371,41
Maggio	1.029,50	-	
Giugno	1.029,50	-	
Luglio	1.029,50	-	
Agosto	1.029,50	-	
Settembre	1.029,50	-	
TOTALE	12.354,00	27.212,50	26.721,29

Tabella 18 – Tabella consumi stagione 2015/2016

Il consumo di gas destinato alla climatizzazione invernale si ottiene per differenza tra quello totale (riportato nelle tabelle precedenti) e quello di ACS appena ricavato.

Facendo infine la media dei consumi per ACS e quella dei consumi per riscaldamento normalizzati dei due anni, si ottiene la Baseline cercata.

mese	Consumo medio gas per acs	Consumo medio gas per riscaldamento normalizzato	Baseline
	Sm3	Sm3	Sm3
Ottobre	907,38	654,42	1.561,80
Novembre	907,38	3.452,72	4.360,09
Dicembre	907,38	5.859,97	6.767,34
Gennaio	907,38	7.479,95	8.387,33
Febbraio	907,38	5.668,33	6.575,70
Marzo	907,38	4.706,47	5.613,85
Aprile	907,38	1.611,97	2.519,35
Maggio	907,38	-	907,38
Giugno	907,38	-	907,38
Luglio	907,38	-	907,38
Agosto	907,38	-	907,38
Settembre	907,38	-	907,38
TOTALE	10.888,50	29.433,83	40.322,33

Tabella 19 - Tabella della Baseline dei consumi

5.1.2 Prestazioni ante-intervento

Nel caso in esame è opportuno distinguere tra stagione invernale ed estiva, a causa delle diverse modalità di utilizzo dell'impianto: l'asilo non richiederà energia dal sistema centralizzato nei mesi che vanno da Maggio a Settembre, dal momento che la stagione termica si conclude a metà Aprile ed il fabbisogno di ACS è soddisfatto autonomamente da pompe di calore elettriche. Di conseguenza le prestazioni dell'intero impianto risulteranno diverse tra inverno ed estate.

Ad inizio Dicembre 2016 sono stati installati dei contatori di calore per misurare l'energia richiesta dagli scambiatori nei serbatoi di accumulo per l'acqua calda sanitaria ed uno per misurare la totale energia in uscita dal sistema di generazione. Il consumo registrato dai conta calorie per l'ACS nel periodo Dicembre2016-Marzo2017 è stato di 13,55 MWh. A valle del sistema di accumulo sono inoltre presenti dei contatori volumetrici per misurare la portata d'acqua richiesta dall'utenza per essere impiegata ad uso sanitario. Il totale dei metri cubi richiesti nel medesimo periodo ammonta a 146 m³. Utilizzando la seguente formula è stato possibile ricavare la totalità dell'energia utile richiesta ad uso sanitario.

$$Q_w = V * \rho_w * c_p * \Delta T \quad [\text{kWh}]$$

Dove:

- V è la portata volumetrica misurata nel periodo [m³]
- ρ_w è la densità dell'acqua [kg/m³]
- c_p è il calore specifico dell'acqua pari a $1,162 \cdot 10^{-3}$ [kWh/kg*K]
- ΔT è il salto termico richiesto assunto pari a 40°C [°C]

Il risultato è un consumo di energia utile per ACS pari a 6,79 MWh.

Il rapporto tra quest'ultimo valore e quello dell'energia fornita dallo scambiatore di calore all'acqua dell'accumulo (ricavata precedentemente) rappresenta il rendimento dell'intero sistema a valle della distribuzione primaria, comprendente le perdite di ricircolo, di distribuzione finale e del serbatoio di accumulo. Il rendimento ricavato è pari al **50%**: il valore così basso è dovuto essenzialmente all'inefficienza del sistema di ricircolo. Tale valore è stato assunto uguale sia per l'estate che per l'inverno.

Successivamente si sono stimate le **perdite di distribuzione primaria**, utilizzando il metodo esposto nell'Appendice A della norma italiana UNI TS 11300-2 (18). Il sistema è compost da tubazioni interrata mediamente isolate con le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza (L) = 62 m
- Profondità di interramento (z) = 1 m
- Diametro esterno (d_e) = 10,16 cm
- Materiale = Ferro
- Tipo di isolante = Lana di vetro
- Conduttività isolante (λ_{isol}) = 0,05 W/m*K
- Spessore isolante (s_{isol}) = 3 cm
- Diametro esterno totale (d_{e,tot}) = 16,16 cm
- Conduttività terreno (λ_g) = 1,5 W/mK

Con i dati precedenti è stato possibile ricavare la trasmittanza lineica (ψ_i) delle tubazioni. Inoltre la lunghezza è stata opportunamente maggiorata del 10% per prendere in considerazione l'interruzione dell'isolamento a causa di staffaggi, raccordi ecc. La formula impiegata è la seguente:

$$\psi_i = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{isol}} \cdot \ln \frac{d_{e,tot}}{d_e} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_g} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{d_{e,tot}}} \quad [\text{W/mK}]$$

Ottenuto questo valore è possibile calcolare le perdite di energia utilizzando la seguente formula:

$$Q_{l,d,i} = \frac{L * \psi_i * (\theta_{w,avg,i} - \theta_{a,i}) * t}{1000} \quad [\text{kWh}]$$

Dove:

- $\theta_{w,avg,i}$ è la temperatura media dell'acqua nelle tubazioni [°C]
- $\theta_{a,i}$ è la temperatura media del terreno [°C]
- t è il tempo considerato [h]

Nel caso in esame è stata assunta una temperatura media dell'acqua nelle tubazioni pari a 65 °C e una temperatura media del terreno di 20°C per la stagione estiva e di 10 °C per la stagione invernale. Nell'unità di tempo la potenza termica dispersa risulta:

- $H_{inv} = 2,1 \text{ kW}$
- $H_{est} = 1,7 \text{ kW}$

Il **rendimento invernale di distribuzione primaria** è stato ricavato a partire dai MWh misurati dal contatore di energia a valle della generazione per il periodo 01Dicembre2016-01Marzo2017: a fronte di un valore di energia registrato di 195 MWh, le perdite di calore risultano all'incirca 4,85 MWh, da cui si ricava un $\eta_{distr,inv} = 97,5 \%$. Per il calcolo del **rendimento invernale di generazione** sono state seguite, per semplicità, le indicazioni fornite dal Prospetto 23a della norma UNI TS 11300-2. Il valore di partenza per i generatori installati prima del 1996 è pari a 84%, a cui si devono togliere 4 punti percentuale poiché l'altezza del camino supera i 10 m e la temperatura di lavoro risultava maggiore di 65°C. Un altro punto percentuale dev'essere tolto a causa di una potenza installata pari a 1,5 volte la totale potenza di progetto. Il valore finale è pari a $\eta_{gen,inv} = 79 \%$.

Il **rendimento estivo di distribuzione primaria** è stato ricavato a partire dai dati di consumo di ACS disponibili per il periodo 01Maggio2015-30Settembre2015: è stata scelta questa stagione dal momento che presentava valori più affidabili e completi dei metri cubi d'acqua richiesti dall'utente per uso sanitario. Il valore registrato ammonta a 238 m³, la cui energia utile è pari a 11,07 MWh. Dividendo per il rendimento del sistema a valle dell'accumulo (50 %) si ricava l'energia erogata dagli scambiatori, pari a 22,08 MWh. In questo caso le perdite di distribuzione primaria ammontano a 6,21 MWh, per un totale di 28,29 MWh a valle del generatore, da cui si ottiene un $\eta_{distr,est} = 78 \%$.

Per ricavare il **rendimento estivo di generazione** è stato necessario calcolare l'energia finale a monte della caldaia, moltiplicando il consumo di gas del periodo 01Maggio2015-30Settembre2015 (pari a 4.288 m³) per il potere calorifico inferiore del combustibile (assunto di 9,59 kWh/m³). Rapportando l'energia a monte della distribuzione primaria al

valore appena ricavato, si ottiene $\eta_{gen,est} = 70 \%$.

5.1.3 Prestazioni post-intervento

La soluzione considerata riguarda l'installazione di un link pre-assemblato composto da due pompe di calore Robur della serie GAHP-A ad integrare le caldaie a condensazione Baxi Power HT. La valutazione dell'efficienza media durante la stagione di riscaldamento è stata condotta utilizzando la metodologia esposta nel Par. 4.4.2.

I dati di input utilizzati sono riassunti nella seguente tabella.

Potenza di progetto	320	kW
T_H_off	16	°C
T_progetto	-5	°C
T_H_cut_off	-5	°C
T_mandata	65	°C
T_ritorno	50	°C
Numero unità installate	2	
Tipo di regolazione	ON/OFF	
Volume Vaso Inerziale	150	litri
$\eta_{integrazione}$	98%	%

Tabella 20 - Dati di input

Con il termine “Vaso inerziale” si intende un particolare serbatoio che può essere inserito nel circuito in qualità di accumulatore di energia termica, consentendo di ridurre le fasi di accensione e spegnimento delle unità ed incrementare, così, l'efficienza complessiva. Per il caso in esame, tale ruolo è svolto dal separatore idraulico posto a valle del sistema di generazione.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- GUE medio stagionale = 1,20
- Rendimento medio stagionale = 1,06
- Copertura del fabbisogno di riscaldamento con le pompe di calore = 40%
- Potenza installata nelle condizioni di progetto = 20%.

Di seguito si riporta l'andamento della firma energetica dell'edificio, della curva caratteristica della pompa di calore nonché dell'energia erogata da quest'ultima e dal sistema di integrazione

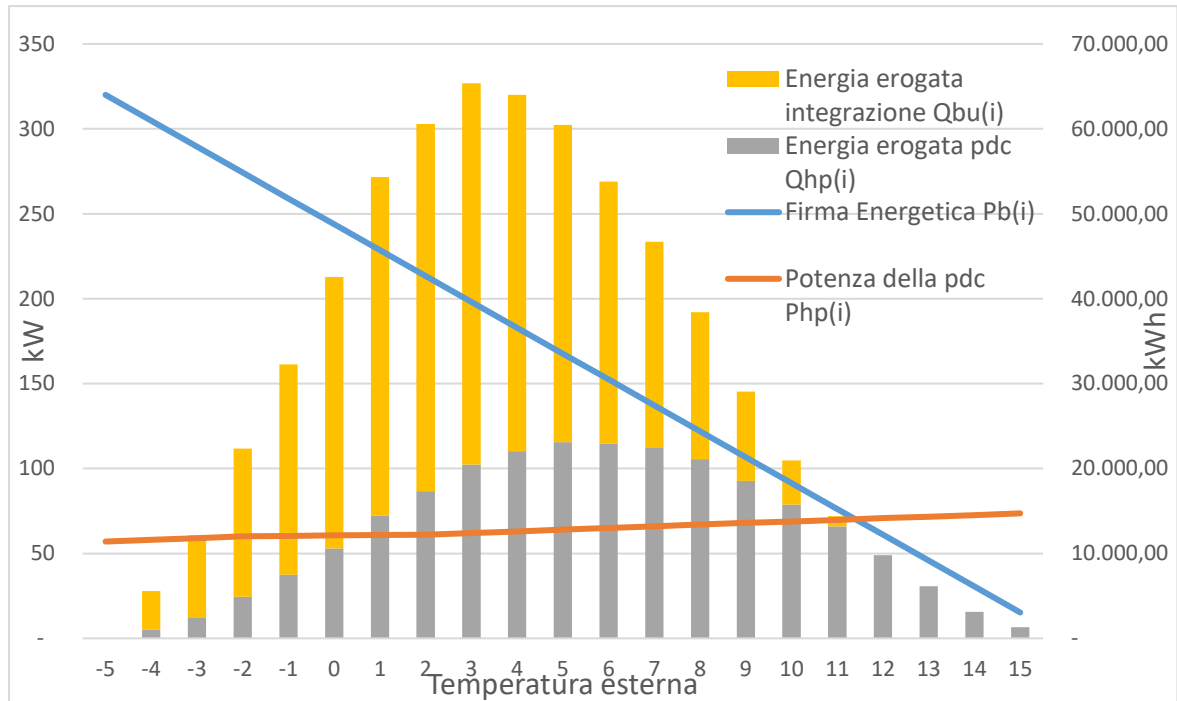


Figura 17 – Grafico degli andamenti di potenza ed energia in funzione della temperatura esterna

Dal grafico si può notare come il fabbisogno termico sia scarso in corrispondenza della temperatura di progetto: questo è dovuto essenzialmente al basso numero di ore associate a quella temperatura dalla distribuzione gaussiana dei bin.

A causa della bassa potenza installata rispetto al totale e all'elevato valore della temperatura dell'acqua di mandata (65°C), si ricava un valore relativamente alto di temperatura bivalente ($T_{\text{biv}} = 11,41^{\circ}\text{C}$).

Nonostante la potenza installata sia solo del 20% rispetto a quella di progetto, si fa notare come a ciò corrisponda una copertura del fabbisogno pari al 40%.

Nel caso in cui l'impianto fosse composto da sistemi di emissione a bassa temperatura, come ad esempio da pannelli radianti, per cui la temperatura dell'acqua di alimentazione si aggira intorno ai 40°C , si avrebbe un'efficienza complessiva del sistema di generazione pari a 1.21, dove le pompe di calore coprirebbero il 49% del fabbisogno invernale di riscaldamento con una potenza impegnata pari al 26% della potenza totale in condizioni di progetto. La temperatura bivalente in questo caso si abbasserebbe a $T_{\text{biv}} = 10,65^{\circ}\text{C}$: anche da ciò si deduce come la pompa di calore lavori meno a carico parziale rispetto al caso precedente.

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

Nella tabella seguente i valori tabulati e i risultati ottenuti per ciascun bin di temperatura.

Temperatura	t_bin(i)	Firma Energetica Pb(i)	Fabbisogno Q_b(i)	Potenza della pdc P _{hp} (i)	CR(i)	Energia erogata dalla pdc Q _{hp} (i)	GUE(i)	Energia ingresso pdc E _{hp} (i)	Energia erogata integrazione Q _{bu} (i)	Energia ingresso integrazione E _{bu} (i)	Potenza elettrica impegnata	En. Elettrica
°C	h	kW	kWh	kW	-	kWh	-	kWh	kWh	kWh	kW	kWh
-5	0,00	300,00	0,00	52,80	1,00	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00
-4	18,28	285,71	5221,62	53,60	1,00	979,58	1,06	928,38	4242,05	4328,62	1,78	32,53
-3	41,86	271,43	11361,23	54,20	1,00	2268,66	1,07	2122,12	9092,57	9278,13	1,78	74,51
-2	81,52	257,14	20961,13	55,00	1,00	4483,35	1,08	4139,89	16477,78	16814,06	1,78	145,10
-1	124,51	242,86	30237,41	55,60	1,00	6922,59	1,10	6305,48	23314,82	23790,63	1,78	221,62
0	174,48	228,57	39880,46	56,40	1,00	9840,50	1,11	8843,24	30039,95	30653,01	1,78	310,57
1	237,63	214,29	50920,47	57,20	1,00	13592,37	1,13	12053,46	37328,10	38089,90	1,78	422,98
2	283,91	200,00	56781,51	58,00	1,00	16466,64	1,14	14411,84	40314,87	41137,62	1,78	505,36
3	329,98	185,71	61282,01	58,80	1,00	19402,83	1,16	16748,61	41879,18	42733,86	1,78	587,36
4	349,99	171,43	59997,62	59,60	1,00	20859,17	1,18	17746,99	39138,45	39937,19	1,78	622,98
5	360,78	157,14	56693,27	60,40	1,00	21790,83	1,19	18276,99	34902,44	35614,73	1,78	642,18
6	353,02	142,86	50430,77	61,40	1,00	21675,15	1,21	17911,30	28755,63	29342,48	1,78	628,37
7	340,67	128,57	43800,35	62,20	1,00	21189,64	1,23	17255,09	22610,72	23072,16	1,78	606,39
8	315,18	114,29	36020,53	63,20	1,00	19919,35	1,25	15987,84	16101,18	16429,77	1,78	561,02
9	272,51	100,00	27251,17	64,00	1,00	17440,75	1,26	13800,36	9810,42	10010,63	1,78	485,07
10	229,17	85,71	19643,44	65,00	1,00	14896,27	1,28	11622,52	4747,16	4844,05	1,78	407,93
11	188,99	71,43	13499,34	66,00	1,00	12473,39	1,30	9598,19	1025,95	1046,89	1,78	336,40
12	160,54	57,14	9173,63	66,80	0,86	9173,63	1,32	6933,49	0,00	0,00	1,78	244,45
13	133,96	42,86	5741,10	67,80	0,63	5741,10	1,30	4427,21	0,00	0,00	1,78	150,73
14	101,84	28,57	2909,58	68,60	0,42	2909,58	1,21	2406,96	0,00	0,00	1,78	75,50
15	85,16	14,29	1216,64	69,60	0,21	1216,64	1,06	1147,36	0,00	0,00	1,78	31,12
16	59,18	0,00	0,00	69,60	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00

Tabella 21-Tabella dei calcoli prestazionali

Ai fini di una corretta valutazione dei costi dell'intervento, occorre considerare l'energia elettrica utilizzata dalla pompa di calore durante la stagione. Dai calcoli effettuati secondo la normativa, si è visto come il totale dell'energia elettrica utilizzata corrisponda al 3,5 % dell'energia termica in ingresso dovuta alla combustione del gas naturale: la spesa ad essa associata dovrà esser opportunamente presa in considerazione nei costi di gestione.

5.2 Definizione del risparmio

Il secondo passo per strutturare il contratto EPC è definire un adeguato indice di prestazione energetica (EPI) che permetta di effettuare il confronto tra la situazione ante e post intervento.

Date le diverse prestazioni dell'impianto tra inverno ed estate, è stato necessario definire un EPI per ciascuna stagione nonché due diversi costi unitari dell'energia utile (€/MWh).

Partendo dalla baseline dei consumi di gas è possibile risalire all'EPI secondo questo procedimento:

$$Q_{MWh,ante} = V_{b,base} * PCI * \eta_{gen,ante} * \eta_{distr} \quad [MWh]$$

$$EPI_{base} = V_{b,base} / Q_{MWh,ante} \quad [m^3/MWh]$$

$$CU_{MWh,base} = (CU_{gas} * V_{b,base}) / Q_{MWh,ante} \quad [€/MWh]$$

Dove:

$$Q_{MWh,ante} = \text{Consumo di energia utile ante-intervento} \quad [MWh]$$

$$V_{b,base} = \text{Consumo di gas baseline} \quad [m^3]$$

$$PCI = \text{Potere Calorifico Inferiore} \quad [MWh/m^3]$$

$$\eta_{gen,ante} = \text{Rendimento di generazione ante-intervento} \quad [-]$$

$$\eta_{distr} = \text{Rendimento di distribuzione primaria} \quad [-]$$

$$EPI_{base} = \text{Indice di Prestazione Energetica} \quad [m^3/MWh]$$

$$CU_{MWh,base} = \text{Costo Unitario dell'energia baseline} \quad [€/MWh]$$

$$CU_{gas} = \text{Costo Unitario gas} \quad [€/m^3]$$

L'indice di prestazione scelto è in grado di fornire una visione chiara al cliente sulla quantità di energia primaria utilizzata in funzione dell'effettiva richiesta di calore, oltre a riassumere in modo immediato, con un unico numero, gli effetti delle principali variabili prestazionali che possono influire sulla buona riuscita del contratto EPC: queste sono l'efficienza dell'intervento e il consumo di energia dell'utente.

Partendo dall'energia utile ante-intervento si procederà "a ritroso" per definire il consumo di gas post-intervento e determinare, così, il risparmio.

La normativa impone che un intervento di sostituzione del sistema di generazione sia accompagnato dall'installazione di valvole termostatiche per ciascuno dei terminali d'impianto, quando risulti fattibile l'operazione. È dimostrato che questo innovativo sistema di regolazione consenta un risparmio di energia utile nell'intorno del 10%. Questo comporterà una riduzione del consumo di energia di riferimento da considerare come

base.

L'energia utile post-intervento per il caso invernale sarà così definita:

$$Q_{MWh} = Q_{MWh,ante} * (1 - R_t) \quad [MWh]$$

Dove con R_t si intende il risparmio dovuto all'installazione delle valvole termostatiche. Nel caso estivo, invece, l'energia utile richiesta ante e post intervento sarà, ovviamente, la stessa. Si procede poi alla determinazione dell' EPI_{target} nel modo seguente:

$$V_{b,post} = Q_{MWh,base} / (\eta_{gen,post} * \eta_{distr} * PCI) \quad [MWh]$$

$$EPI_{target} = V_{b,post} / Q_{MWh} \quad [m^3/MWh]$$

$$CU_{MWh,target} = EPI_{target} / CU_{gas} \quad [€/MWh]$$

Una volta ottenuto il valore di EPI_{target} si procede alla definizione del risparmio da condividere tra ESCO e cliente, nelle situazioni "equal-performance", "under-performance" ed "over-performance" in funzione di quello che è il valore dell' EPI effettivamente misurato durante il periodo contrattuale.

Equal Performance = prestazioni effettive pari a quelle previste

$$\Delta EPI_{eff} = EPI_{eff} - EPI_{target} = 0 \quad [m^3/MWh]$$

$$CU_{MWh} = EPI_{eff} * CU_{gas} \quad [€]$$

$$CT_{eff} = CT_{target} = EPI_{eff} * CU_{MWh} \quad [€]$$

$$CT_{base} = EPI_{base} * Q_{MWh} * CU_{gas} \quad [€]$$

$$R_{TOT} = CT_{base} - CT_{eff} = R_{target} \quad [€]$$

$$R_{target} = CT_{base} - CT_{target} \quad [€]$$

$$R_{cliente} = x\% * R_{target} \quad [€]$$

$$R_{ESCO} = R_{TOT} - R_{cliente} \quad [€]$$

Over Performance = prestazioni effettive migliori di quelle previste

$$\Delta EPI_{eff} = EPI_{target} - EPI_{eff} > 0 \quad [m^3/MWh]$$

$$CU_{MWh} = EPI_{eff} * CU_{gas} \quad [€]$$

$$CT_{eff} = CT_{target} = EPI_{eff} * CU_{MWh} \quad [€]$$

$$CT_{base} = EPI_{base} * Q_{MWh} * CU_{gas} \quad [€]$$

$$R_{TOT} = CT_{base} - CT_{eff} = R_{target} + R_{extra} \quad [€]$$

$$R_{target} = CT_{base} - CT_{target} \quad [€]$$

$$R_{extra} = \Delta EPI * Q_{MWh} * CU_{gas} > 0 \quad [€]$$

$$R_{cliente} = x\% * R_{target} + y\% * R_{extra} \quad [€]$$

$$R_{ESCO} = R_{TOT} - R_{cliente} \quad [€]$$

Under Performance = prestazioni effettive peggiori di quelle previste

$$\begin{aligned} \Delta_{EPI,eff} &= EPI_{target} - EPI_{eff} < 0 && [m^3/MWh] \\ CU_{MWh} &= EPI_{eff} * CU_{gas} && [€] \\ CT_{eff} &= CT_{target} = EPI_{eff} * CU_{MWh} && [€] \\ CT_{base} &= EPI_{base} * Q_{MWh} * CU_{gas} && [€] \\ R_{TOT} &= CT_{base} - CT_{eff} = R_{target} + R_{extra} && [€] \\ R_{target} &= CT_{base} - CT_{target} && [€] \\ R_{extra} &= \Delta_{EPI} * Q_{MWh} * CU_{gas} < 0 && [€] \\ R_{cliente} &= x\% * R_{target} && [€] \\ R_{ESCO} &= R_{TOT} - R_{cliente} && [€] \end{aligned}$$

Dove:

$$\begin{aligned} EPI_{base} &= \text{Indicatore di Performance baseline} && [m^3/MWh] \\ EPI_{target} &= \text{Indicatore di Performance target} && [m^3/MWh] \\ EPI_{eff} &= \text{Indicatore di Performance effettiva} && [m^3/MWh] \\ \Delta_{EPI} &= \text{Variazione tra } EPI_{target} \text{ e } EPI_{eff} && [m^3/MWh] \\ Q_{MWh} &= \text{Consumo di MWh misurato} && [m^3] \\ CU_{gas} &= \text{Costo Unitario gas} && [€/m^3] \\ CU_{MWh} &= \text{Costo Unitario MWh} && [€/MWh] \\ CT_{base} &= \text{Costo MWh in condizione baseline} && [€] \\ CT_{eff} &= \text{Costo effettivo MWh} && [€] \\ R_{TOT} &= \text{Risparmio effettivo totale} && [€] \\ R_{target} &= \text{Risparmio tra costo baseline e costo target} && [€] \\ R_{extra} &= \text{Risparmio extra rispetto al risparmio target} && [€] \\ R_{cliente} &= \text{Risparmio effettivo cliente} && [€] \\ R_{ESCO} &= \text{Risparmio effettivo ESCO} && [€] \\ x\% &= \text{Percentuale del risparmio target condiviso col cliente} \\ y\% &= \text{Percentuale dell'extra risparmio condiviso col cliente} \end{aligned}$$

Nel caso in cui la ESCO non sia il fornitore del vettore energetico, il totale del canone che il cliente dovrà versare annualmente all'azienda sarà pari alla quota dei risparmi R_{ESCO} . Nel caso contrario, invece, il cliente dovrà versare all'azienda il canone così composto:

$$Canone = CU_{MWh,ante-intervento} * Q_{MWh} - R_{cliente} \quad [€]$$

Questa rappresenta la situazione del caso in esame, dal momento che Sinergia si impegna, a fornire il gas naturale per tutta la durata del contratto, facendo pagare al cliente i MWh

consumati: in questo contesto la quota di risparmio del cliente (target + extra risparmi) è interpretabile come uno sconto fatto dalla ESCO sulla fornitura energetica. L'utente vedrà in modo analogo una riduzione del costo storico rispetto la situazione ante-intervento. Infine è importante definire un consumo minimo annuale (in questo caso sia per l'estate che per l'inverno) in modo che la ESCO si tuteli nel caso in cui il cliente diminuisca drasticamente il suo profilo di consumo, tanto da non permettere alla società il ritorno del capitale investito entro la durata contrattuale. In questo caso si dovrà definire una quota minima di risparmio monetario (R_{min}) per la remunerazione dell'investimento netto (a monte degli incentivi), in base alla durata contrattuale voluta, opportunamente maggiorata per avere un margine di sicurezza. Il consumo minimo cercato sarà pari al consumo target proporzionato al rapporto tra il risparmio minimo e quello effettivo totale (R_{TOT}).

5.2.1 Risultati

Di seguito si riportano distintamente i risultati per le singole stagioni.

Caso invernale

ANALISI RISPARMIO		ANTE	POST
		Inverno	Inverno
Consumi di gas	Sm ³	34.878	23.952
PCI	kWh/m ³	9,59	9,59
Energia Primaria	MWh	334	230
Rendimento	%	79%	106%
Energia finale	MWh	264,24	243,10
Rendimento distribuzione	%	97%	97%
Energia a valle della distribuzione primaria	MWh	256,31	235,81
Risparmio dovuto ad ulteriori interventi	%	0%	8%
Energia utile	MWh	256,31	235,81
Costo medio unitario del gas	€/m ³	0,65	0,65
Costo totale	€	22.583,56	15.509,18
Costo unitario MWh	€/MWh	€ 85,47	€ 63,80
EPI	m³/MWh	132,0	98,5
Fattore emissione CO ₂	kgCO ₂ /m ³	1,95	1,95
kg di CO ₂	kgCO ₂	68.012	46.707
Risparmio energetico stagionale	m³/MWh		33,47
Risparmio monetario stagionale	€/stagione		€ 7.074,38
Emissioni evitate	kgCO₂/stagione		21.305
% Risparmio stagionale	%		32%

Tabella 22 - Tabella riassuntiva dei risparmi ottenibili per la situazione invernale

L' $EPI_{target,inv}$ è stato calcolato come rapporto tra i m³ di gas e l'energia termica in uscita dal generatore, dal momento che risulta il punto di accesso più facile alla misurazione del consumo: il contatore installato sulla linea di alimentazione del circuito di riscaldamento dell'ostello e il misuratore di energia termica presente a monte del sistema di accumulo per l'acqua calda, permettono di scindere il consumo tra le due utenze (scuola ed ostello)

mediante differenza con il valore globale dei MWh misurati in centrale termica. Ovviamente le perdite di distribuzione sono imputate tutte a spese della scuola. Come si può notare dai risultati nella tabella precedente, il consumo di energia utile considerato non è lo stesso tra la situazione ante e post-intervento, a causa della riduzione dei consumi conseguente all'installazione delle valvole termostatiche. In questo caso il risparmio portato da quest'ultime è stato stimato pari all'8%: solitamente è possibile raggiungere livelli più alti, ma dato la tipologia di utenza si può assumere un minor livello di regolazione da parte dell'utente, contrariamente a quanto avverrebbe nel caso di un'utenza residenziale (condominio). Il costo unitario del combustibile è stato ricavato dal sito dell'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas ed il Sistema Idrico (AEEGSI) depurato dell'IVA, dato che non sempre l'imposta rappresenta un costo per il cliente finale. Ovviamente i rendimenti di distribuzione sono uguali nelle due situazioni, poiché nessun intervento è stato previsto per migliorare le perdite nelle tubazioni. Il risparmio energetico ottenibile è del 32%, riducendo di 7.074,38 € il costo annuo dell'energia termica e di 21.305 kg di CO₂ le emissioni in atmosfera. **Il consumo di energia elettrica** si attesta intorno al 3,5 % della totale energia in ingresso alla pompa di calore: considerando che la macchina è in grado di coprire il 40 % del totale del fabbisogno (quest'ultimo pari a 264 MWh) con un GUE stagionale di 1,20, l'energia termica in ingresso alla macchina sarà pari a 88 MWh. Il totale dell'energia elettrica utilizzata è pari all'incirca a **3 MWh** durante l'intera stagione invernale.

Caso estivo

Anche in questo caso si riporta la seguente tabella riassuntiva dei risultati.

ANALISI RISPARMIO		ANTE	POST
		Estate	Estate
Consumi di gas	Sm ³	5.444	3.249
PCI	kWh/m ³	9,59	9,59
Energia Primaria	MWh	52,21	31,16
Rendimento	%	70%	115%
Energia finale	MWh	36,55	36,55
Rendimento distribuzione	%	78%	78%
Energia a valle della distribuzione primaria	MWh	28,51	28,51
Risparmio dovuto ad ulteriori interventi	%	0%	0%
Energia utile	MWh	28,51	28,51
Costo medio unitario del gas	€/m ³	0,65	0,65
Costo totale	€	3.525,15	2.103,67
Costo unitario MWh	€/MWh	€ 123,66	€ 73,80
EPI	m³/MWh	191,0	114,0
Fattore emissione CO ₂	kgCO ₂ /m ³	1,95	1,95
kg di CO ₂	kgCO ₂	10.616,3	6.335,4
Risparmio energetico stagionale	m³/MWh		77,01

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

ANALISI RISPARMIO		ANTE	POST
		Estate	Estate
Risparmio monetario stagionale	€/stagione		€ 1.421,48
Emissioni evitate	kgCO2/stagione		4.281
% Risparmio stagionale	%		40%

Tabella 23-Tabella riassuntiva dei risparmi ottenibili per la situazione estiva

Si è pensato di coprire l'intero fabbisogno estivo di ACS mediante l'impiego delle sole pompe di calore, in quanto la potenza installata risulta sufficiente a coprire l'intera richiesta di energia. L' $EPI_{target,est}$ in questo caso è definito come il rapporto tra i m³ di gas e i MWh in uscita dal sistema di distribuzione primaria, a monte dell'accumulo, dal momento che sono presenti i contatori di calore per l'ACS per monitorarne il consumo. Il rendimento è stato stimato a partire dalle tabelle fornite dal produttore, nelle quali è dichiarato un valore massimo di GUE pari a 1,38 con una temperatura di mandata dell'acqua di 65 °C. Considerando un fattore di riduzione di 0,8, cautelativo nel caso di funzionamento a carico parziale, l'efficienza complessiva ammonta a 1,15. In questo caso l'energia in uscita dal sistema di distribuzione primaria è la stessa per la situazione ante e post-intervento, dal momento che non sono stati effettuati interventi a valle di quest'ultima che possano influire sul consumo estivo di ACS (al contrario della situazione invernale). Il risparmio energetico ottenibile è del 40%, riducendo di 1.412,48 € il costo annuo dell'energia termica e di 4.254 kg di CO₂ le emissioni in atmosfera. Poiché il fabbisogno estivo verrà coperto interamente dalle pompe di calore, la totale energia elettrica sarà pari al 3,5 % della totale energia termica in ingresso (ovvero 31 MWh), per l'ammontare di circa **1 MWh**.

5.2.2 Ripartizione dei risparmi

Le percentuali di ripartizione dei risparmi per il caso in esame sono le seguenti:

	CLIENTE	SINERGIA
Percentuali di ripartizione del Risparmio Target	5%	95%
Percentuali di ripartizione del Risparmio Extra	30%	70%
Anni di durata del contratto	10	

Tabella 24-Percentuali di ripartizione dei risparmi

5.2.2.1 Equal Performance

Questa è la situazione in cui le performance dell'intervento sono coerenti con le aspettative ed i risultati prestazionali derivanti dai calcoli ingegneristici. I risparmi ottenibili in questo caso corrispondono al target a cui la ESCO ambisce per un'adeguata remunerazione del capitale investito.

Di seguito la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti per il caso in esame.

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

EQUAL PERFORMANCE		Inverno	Estate	
EPI base	m3/MWh	132,0	191,0	
EPI target	m3/MWh	98,5	114,0	
Epi effettivo	m3/MWh	98,5	114,0	
Consumo MWh	MWh	243,1	28,5	Q_MWh
Consumo base	m3	32.088	5.444	Q_MWh*EPI_base
Consumo target	m3	23.952	3.249	Q_MWh*EPI_target
Consumo effettivo	m3	23.952	3.249	Q_MWh*EPI_eff
Costo unitario gas	€/m3	€ 0,65	€ 0,65	CU_gas
Costo base	€	€ 20.776,87	€ 3.525,15	CT_base = CU_gas*Q_MWh*EPI_base
Costo target	€	€ 15.509,18	€ 2.103,67	CT_target = CU_gas*Q_MWh*EPI_target
Costo effettivo	€	€ 15.509,18	€ 2.103,67	CT_eff = CU_gas*Q_MWh*EPI_eff
Risparmio target	€	€ 5.267,69	€ 1.421,48	R_target = CT_base-CT_target
Risparmio extra	€	€ 0,00	€ 0,00	R_extra = CT_target - CT_eff
Quota Sinergia risparmio target	€	€ 5.004,31	€ 1.350,41	R_esco = 95%*R_target
Quota cliente risparmio target	€	€ 263,38	€ 71,07	R_cliente = 5% * R_target
Quota Sinergia risparmio extra	€	€ 0,00	€ 0,00	R_extra_esco = 70% * R_extra
Quota cliente risparmio extra	€	€ 0,00	€ 0,00	R_extra_cliente = 30% * R_extra
COSTO BASELINE	€	€ 20.776,87	€ 3.525,15	
Sconto dovuto al risparmio	€	€ 263,38	€ 71,07	S = R_cliente+R_extra_cliente
TOTALE CANONE	€	€ 20.513,49	€ 3.454,08	Canone = CT_base - S
CANONE ANNUO	€/anno		€ 23.967,57	
Remunerazione gas per Sinergia	€	€ 15.509,18	€ 2.103,67	CU_gas*EPI_eff*Q_MWh
Recupero investimento per Sinergia	€	€ 5.004,31	€ 1.350,41	
Totale recupero investimento	€/anno		€ 6.354,72	

Si vede come sia possibile ottenere una riduzione della spesa storica annua pari al 9% e come il totale del canone serva a coprire la spesa sostenuta dalla ESCO per l'acquisto del gas e per la remunerazione dell'investimento.

5.2.2.2 Under Performance

Questo è il caso in cui le prestazioni dell'intervento risultino inferiori al target stabilito. L'EPI misurato presenta un valore superiore a quello della situazione Equal-Performance, da cui ne risulterà un risparmio inferiore: il cliente non risentirà di alcuna conseguenza negativa e continuerà a versare alla ESCO il medesimo canone annuale. Nella tabella successiva si riportano i risultati della situazione Under-Performance per l'intervento in esame: in questo caso è stato considerato un aumento dell'EPI del 5% per entrambe le stagioni.

UNDER PERFORMANCE	U.M	Inverno	Estate	
EPI base	m3/MWh	132,0	191,0	
EPI target	m3/MWh	98,5	114,0	
Epi effettivo	m3/MWh	103,5	119,7	
Consumo MWh	MWh	243,1	28,5	Q_MWh
Consumo base	m3	32.088	5.444	Q_MWh*EPI_base
Consumo target	m3	23.952	3.249	Q_MWh*EPI_target
Consumo effettivo	m3	25.150	3.411	Q_MWh*EPI_eff
Costo unitario gas	€/m3	€ 0,65	€ 0,65	CU_gas
Costo base	€	€ 20.776,87	€ 3.525,15	CT_base = CU_gas*Q_MWh*EPI_base
Costo target	€	€ 15.509,18	€ 2.103,67	CT_target = CU_gas*Q_MWh*EPI_target
Costo effettivo	€	€ 16.284,64	€ 2.208,85	CT_eff = CU_gas*Q_MWh*EPI_eff
Risparmio target	€	€ 5.267,69	€ 1.421,48	R_target = CT_base-CT_target
Risparmio extra	€	€ 0,00	€ 0,00	R_extra = CT_target - CT_eff
Quota Sinergia risparmio target	€	€ 5.004,31	€ 1.350,41	R_esco = 95%*R_target
Quota cliente risparmio target	€	€ 263,38	€ 71,07	R_cliente = 5% * R_target
Quota Sinergia risparmio extra	€	€ 0,00	€ 0,00	R_extra_esco = 70%* R_extra
Quota cliente risparmio extra	€	€ 0,00	€ 0,00	R_extra_cliente = 30% * R_extra
COSTO BASELINE	€	€ 20.776,87	€ 3.525,15	
Sconto dovuto al risparmio	€	€ 263,38	€ 71,07	S = R_cliente+R_extra_cliente
TOTALE CANONE	€	€ 20.513,49	€ 3.454,08	Canone = CT_base - S
CANONE ANNUO	€/anno		€ 23.967,57	
Remunerazione gas per Sinergia	€	€ 16.284,64	€ 2.208,85	CU_gas*EPI_eff*Q_MWh
Recupero investimento per Sinergia	€	€ 4.228,85	€ 1.245,22	
Totale recupero investimento	€/anno		€ 5.474,07	

Dalla tabella precedente si può notare come non sussista alcuna differenza nel canone corrisposto dal cliente tra la situazione Equal ed Under-Performance, mentre la ESCO registra una perdita annuale del 12,8 %.

5.2.2.3 Over-Performance

Questa è la situazione in cui gli EPI misurati presentano valori inferiori rispetto all'Equal-Performance, testimoniando un miglioramento delle prestazioni. In questo caso il risparmio target ed extra verranno suddivisi secondo le percentuali stabilite precedentemente. Nella tabella successiva si riportano i risultati della situazione Over-Performance per l'intervento in esame: in questo caso è stata considerata una diminuzione dell'EPI del 5% per entrambe le stagioni.

OVER PERFORMANCE		Inverno	Estate	
EPI base	m3/MWh	132,0	191,0	
EPI target	m3/MWh	98,5	114,0	
Epi effettivo	m3/MWh	93,6	108,3	
Consumo MWh	MWh	243,1	28,5	Q_MWh
Consumo base	m3	32.088	5.444	Q_MWh*EPI_base
Consumo target	m3	23.952	3.249	Q_MWh*EPI_target
Consumo effettivo	m3	22.755	3.086	Q_MWh*EPI_eff
Costo unitario gas	€/m3	€ 0,65	€ 0,65	CU_gas
Costo base	€	€ 20.776,87	€ 3.525,15	CT_base = CU_gas*Q_MWh*EPI_base
Costo target	€	€ 15.509,18	€ 2.103,67	CT_target = CU_gas*Q_MWh*EPI_target
Costo effettivo	€	€ 14.733,72	€ 1.998,49	CT_eff = CU_gas*Q_MWh*EPI_eff
Risparmio target	€	€ 5.267,69	€ 1.421,48	R_target = CT_base-CT_target
Risparmio extra	€	€ 775,46	€ 105,18	R_extra = CT_target - CT_eff
Quota Sinergia risparmio target	€	€ 5.089,07	€ 1.350,41	R_esco = 95%*R_target
Quota cliente risparmio target	€	€ 267,85	€ 71,07	R_cliente = 5% * R_target
Quota Sinergia risparmio extra	€	€ 542,82	€ 73,63	R_extra_esco = 70% * R_extra
Quota cliente risparmio extra	€	€ 232,64	€ 31,56	R_extra_cliente = 30% * R_extra
COSTO BASELINE	€	€ 20.776,87	€ 3.525,15	
Sconto dovuto al risparmio	€	€ 496,02	€ 102,63	S = R_cliente+R_extra_cliente
TOTALE CANONE	€	€ 20.280,85	€ 3.422,52	Canone = CT_base - S
CANONE ANNUO	€/anno		€ 23.703,27	
Remunerazione gas per Sinergia	€	€ 14.733,72	€ 1.998,49	CU_gas*EPI_eff*Q_MWh
Recupero investimento per Sinergia	€	€ 5.547,13	€ 1.424,04	
Totale recupero investimento	€/anno		€ 6.971,17	

Il beneficio dato dal maggior risparmio interesserà sia il cliente (con una riduzione del canone) che la ESCO (con un aumento dell'8,9 % del guadagno rispetto al target).

Qui di seguito si riportano delle tabelle riassuntive delle caratteristiche dei tre scenari precedentemente descritti.

	CLIENTE	ESCO
Equal-Performance	Canone composto dalla quota consumo al prezzo unitario dell'energia ante-intervento, diminuito del 5% del risparmio target garantito	Remunerazione con il 95% del risparmio garantito
Under-Performance	Canone uguale alla situazione Equal-Performance	La remunerazione ridotta a causa di un minor risparmio conseguito.
Over-Performance	Canone equivalente alla situazione Equal-Performance, diminuito del 30% dell'extra risparmio.	Remunerazione della ESCO con il 95% del risparmio garantito + 30% dell'extra risparmio

Tabella 25-Riassunto scenari

	Canone cliente	Remunerazione ESCO
Equal-Performance	23.964,57 €	Combustibile=17.612,85€ Recupero investimento=6.354,72 €
Under-Performance	23.967,57 €	Combustibile=18.493,49€ Recupero investimento=5.474,07€
Over Performance	23.703,37 €	Combustibile=16.732,21€ Recupero investimento=6.971,17 €

Tabella 26-Risunto Canoni annuali e Remunerazione ESCO

5.3 Business Plan

La valutazione di un investimento dev'essere effettuata considerando tutte le variabili tecnico-economiche che possono influire sulla sua redditività.

È opportuno fare una premessa: secondo la definizione di EPC, nel risparmio garantito sono incluse le quote per la gestione e manutenzione ordinaria dell'oggetto di intervento (Quota O&M) e pertanto dovranno essere scorporate dalla quota totale di risparmio spettante alla ESCO. In merito alla sua competenza nel mercato energetico, un'Energy Service Company può sottoscrivere contratti con i fornitori ad un prezzo più vantaggioso rispetto al cliente, nonché avere un margine sul costo della manodopera, potendo avvalersi di personale interno o di propria fiducia per le operazioni di gestione e manutenzione e per l'esecuzione delle opere di intervento. È bene prevedere all'interno della quota di risparmio spettante alla ESCO anche una percentuale dovuta ad eventuali costi extra. Nei paragrafi successivi si riporteranno le equazioni che costituiscono le diverse voci del Business Plan costruito (tutte espresse in €): le seguenti dovranno essere applicate per ciascun anno contrattuale.

5.3.1 *Principali voci di un Business Plan*

Ricavi

Il totale dei ricavi annuali dell'intervento si ottiene dalla somma delle seguenti voci:

- 1) $Quota\ risparmi = Q_{MWh} * RU_{ESCO,target} * (1+i)^{(n-1)} - Quota\ O\&M$
- 2) $Quota\ O\&M = (CU_{man} + CU_{cont}) * Q_{MWh} * (1+i_{co})^{(n-1)}$
- 3) $Extra\ risparmio = (1-y\%) * (\Delta EPI_{eff} - \Delta EPI_{target}) * CU_{gas} * Q_{MWh}$
- 4) $Ricavi\ vendita\ energia = CU_{MWh,target} * Q_{MWh} * (1+i_{cb})^{(n-1)}$
- 5) $Rata\ incentivo = Totale\ incentivo / n_{erogazione} \text{ (se previsto nei ricavi)}$

Dove:

CU_{man} = Percentuale di $RU_{ESCO,target}$ per manutenzione	[€/MWh]
$CU_{MWh,target}$ = Costo unitario del MWh nella situazione target	[€/MWh]
CU_{extra} = Percentuale di $RU_{ESCO,target}$ per contabilizzazione	[€/MWh]
$\Delta EPI_{eff} = EPI_{base} - EPI_{eff}$	
$\Delta EPI_{target} = EPI_{base} - EPI_{target}$	
i = Inflazione del canone	[%]
i_{co} = Inflazione costi operativi	[%]
i_{cb} = Inflazione combustibile tradizionale	[%]
n = Anno di valutazione	[-]
$n_{erogazione}$ = Anni erogazione incentivo	[-]

$RU_{ESCO,target}$ = Risparmio unitario target [€/MWh]

$y\%$ = Percentuale dell'extra risparmio condiviso con il cliente [%]

Costi Operativi

Il totale dei costi operativi si ottiene dalla somma delle seguenti voci:

- 1) *Costi gestione diretti (O&M)* = $Q_{MWh} * (CU_{man} * (1 - S_{man}) + CU_{cont} * (1 - S_{cont})) * (1 + i_{co})^{(n-1)}$
- 2) *Costi gestione indiretti* = $CU_{extra} * Q_{MWh} * (1 + i_{co})^{(n-1)}$
- 3) *Acquisto combustibile* = $CU_{MWh,target} * Q_{MWh} * (1 - S_{cb}) * (1 + i_{cb})^{(n-1)}$
- 4) *Energia elettrica* = $Q_{el} * CU_{el} * (1 + i_{cb})^{(n-1)}$
- 5) *Manutenzione straordinaria*

Dove:

CU_{extra} = Percentuale di $RU_{ESCO,target}$ per extra costi [€/MWh]

Q_{el} = Consumo energia elettrica [MWh]

CU_{el} = Costo Unitario energia elettrica [€/MWh]

S_{man} = Sconto/Margine percentuale sulla manutenzione [%]

S_{cont} = Sconto/Margine percentuale sulla gestione/contabilizzazione [%]

La manutenzione straordinaria dev'essere prevista all'interno dei costi operativi come ulteriore margine di sicurezza per tutelarsi da possibili problematiche che possono insorgere durante il periodo contrattuale.

Ammortamenti

La quota di ammortamento dei beni materiali è da intendersi come la ripartizione del costo pluriennale dell'investimento in più esercizi, ovvero in più anni. Si ottiene semplicemente dividendo il totale dell'investimento per la durata contrattuale.

Oneri finanziari

In questa voce si prendono in considerazione i costi per il rimborso delle quote interessi dovute ai soggetti finanziatori (istituto di credito, soci ecc.). L'importo annuale dipenderà dal tasso di interesse applicato dal prestatore, dalla durata totale del finanziamento e dalla somma finanziata. La rata annuale del pagamento di un mutuo, infatti, si compone di una quota capitale e di una quota interessi. La formula della rata secondo il metodo *francese* è la seguente:

$$R = \frac{C * i}{1 - 1/(1 + i)^n}$$

Dove:

- R è la rata
- C è il capitale iniziale
- i è il tasso di interesse sul capitale residuo

La quota capitale della rata è così definita:

$$C_K = \frac{R}{(1+i)^{(n-k-1)}}$$

Con $k = 1, 2, \dots, n$

La quota interessi cercata risulterà dalla differenza tra i risultati delle due formule precedenti.

Alla fine i costi totali risulteranno:

$$\text{Costi totali}_{ante,tax} = \text{Costi Operativi} + \text{Ammortamenti} + \text{Oneri finanziari}$$

$$\text{Costi totali}_{post,tax} = \text{Costi totali}_{ante,tax} + \text{imposte}$$

$$\text{UTILE (post tax)} = \text{Ricavi} - \text{Costi totali}_{post,tax}$$

Conseguentemente si passa alla definizione dei diversi flussi di cassa annuali:

$$\text{Cash flow pre-finanziamento}_{ante,tax} = \text{Ricavi} - \text{Costi Operativi}$$

$$\text{Cash flow pre-finanziamento}_{post,tax} = \text{Ricavi} - (\text{Costi Operativi} + \text{Imposte})$$

$$\text{Cash flow post-finanziamento}_{ante,tax} = \text{Ricavi} - (\text{Costi Operativi} + \text{Oneri finanziari})$$

$$\text{Cash flow post-finanziamento}_{post,tax} = \text{Ricavi} - (\text{Costi Operativi} + \text{Oneri finanziari} + \text{Imposte})$$

I precedenti valori sono indispensabili per calcolare i principali indici di valutazione dell'investimento (PayBack, VAN ecc.).

PayBack

È il tempo necessario per recuperare i costi dell'investimento. Si calcola risolvendo la seguente equazione:

$$\sum_{j=0}^{PB} D_j = \sum_{j=0}^n I_j$$

dove:

PB = Tempo di ritorno

D_j = Flussi di cassa considerati

I_j = investimento totale netto all'anno j-esimo

VAN (Valore Attuale)

Rappresenta il valore accumulato dei flussi di cassa generati dal progetto.

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{(1 + wacc)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1 + wacc)^j}$$

TIR (Tasso Interno di Redditività)

È quel tasso di attualizzazione che permette di uguagliare i costi ed i ricavi scontati, cioè quello che annulla il valore netto accumulato (VAN = 0). La definizione è la seguente:

$$\sum_{j=0}^n \frac{D_j}{(1 + TIR)^j} = \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1 + TIR)^j}$$

Affinché l'investimento sia accettabile (VAN>0) occorre verificare che $wacc < TIR$.

ADSCR (Annual Debt Service Coverage Ratio)

L'indice misura la capacità del flusso finanziario annuale a coprire il servizio di debito, ovvero la somma da rimborsare al creditore. Risulta così definito:

$$ADSCR = \text{Cash flow operativo} / \text{Rata annuale mutuo}$$

5.3.2 Risultati finanziari

L'investimento totale risulta così composto:

2 GAHP-A HT	€ 22.000,00
2 Caldaie Baxi Power HT 1.18	€ 14.397,55
Valvole termostatiche + contabilizzazione	€ 14.602,45
Lavori con sconto su manodopera	€ 12.000,00
Investimento totale con sconto su fornitura	€ 63.000,00

Tabella 27-Composizione dell'investimento

Nel costo sostenuto per le pompe di calore sono compresi tutti gli accessori per una corretta installazione. Il costo delle caldaie riguarda invece solo i macchinari. Al totale della spesa sostenuta per l'acquisto delle valvole termostatiche è stato sommato il servizio di contabilizzazione dei consumi, necessario secondo la norma UNI 10200. Il costo per i lavori riguarda l'installazione e l'avvio di tutte le apparecchiature, comprese quelle di corredo, e la progettazione.

È stato deciso di finanziare il 50% del totale investimento mediante mutuo bancario della durata di 5 anni, ad un tasso di interesse del 4%, per un ammontare totale di 31.500€. Il 30% verrà invece finanziato richiedendo un prestito ai soci di Sinergia, sempre della durata di 5 anni ad un tasso di interesse del 2,5%, per un totale di 18.900 €. Il restante 20% sarà in "equity", per l'ammontare di 12.600 €.

I vari indici di inflazione da considerare nella stesura del Business Plan sono stati considerati uguali e cautelativamente pari all'1%. Il WACC invece è del 3%.

Il cliente è una cooperativa sociale e pertanto gode di un'aliquota d'imposta ridotta e pari al 10% dell'utile totale ante-tax. Come già accennato precedentemente, è necessario scindere dalla quota del risparmio unitario spettante alla ESCO le quote di manutenzione, contabilizzazione ed extra costi del canone. Nel caso preso in esame, secondo quanto specificato dall'azienda stessa, le percentuali di suddivisione sono:

- $CU_{man} = 10\% * RU_{ESCO,target}$ [€/MWh]
- $CU_{cont} = 10\% * RU_{ESCO,target}$ [€/MWh]
- $CU_{extra} = 10\% * RU_{ESCO,target}$ [€/MWh]

L'incentivo considerato è il **Conto Termico 2.0** applicato per le pompe di calore a gas della tipologia aria/acqua. Secondo quanto riportato nel decreto, le macchine sono incentivabili se il valore del GUE supera il valore riportato nella seguente tabella:

[Tabella 4 – Allegato I - DM 16.02.16]			
Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	GUE
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20	1,46
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30(*)	1,38
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20	1,59
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30(*)	1,47
acqua/aria	Temperatura entrata: 10	Bulbo secco all'entrata: 20	1,60
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30(*)	1,56

(*) I valori di GUE in corrispondenza dell'asterisco sono validi nel caso di pompe di calore ad assorbimento per una temperatura in uscita di 40°C e per le pompe di calore a motore endotermico per una temperatura di uscita di 35°C

Le unità GAHP-A presentano un valore di GUE = 1,597 nelle condizioni operative considerate, secondo quanto dichiarato dal produttore. L'incentivo annuo è definito in funzione dell'energia termica prodotta annualmente e di specifici coefficienti di valorizzazione dell'energia (€/kWh) tabellati, mediante la seguente formula:

$$I_{a,tot} = E_i * C_i \text{ [€/anno]}$$

5. Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

con:

- C_i = coefficiente di valorizzazione dell'energia termica, pari a 0,045 (€/kWh) nel caso in esame (pompe di calore aria/acqua con $P_t > 35$ kW)
- E_i = energia incentivata e prodotta in un anno nelle condizioni sopra riportate, definita secondo la seguente formula:

$$E_i = Q_u * \left[1 - \frac{1}{\frac{GUE}{0,46}} \right] \quad [\text{€/kWh}]$$

Dove:

- Q_u = calore totale prodotto dall'impianto calcolato come segue:

$$Q_u = P_n * Q_{uf} \quad [\text{kWh}]$$

Con:

- P_n = potenza nominale della pompa di calore installata nelle condizioni considerate e pari in questo caso a 80,4 kW
- Q_{uf} = coefficiente di utilizzo della pompa di calore tabellato in funzione della zona climatica. Nel caso in esame risulta pari a 1700

Poiché la potenza installata è > 35 kW, l'incentivo verrà erogato in 5 anni. La rata annuale risulta $I_{a,tot,pdc} = 4.378,48$ €/anno.

Inoltre c'è da considerare l'incentivo per le caldaie. Il contributo del Conto Termico comprende anche i lavori di corredo all'installazione dei generatori a condensazione (come, ad esempio, le valvole termostatiche), di conseguenza è stato calcolato l'incentivo massimo erogabile secondo la seguente formula:

$$I_{tot} = 40\% * C_{max} * P_n \quad [€]$$

Dove $C_{max} = 130$ €/kWh. Il totale incentivo annuo ammonta a $I_{a,tot,cd} = 3.536,00$ €/anno.

La rata annuale corrisposta dal GSE sarebbe pari a **7.915 €** a fronte di un incentivo totale del valore di **39.575 €**.

Dall'analisi di redditività condotta con il metodo descritto al punto 5.3, si sono ottenuti i seguenti risultati per la situazione *Equal Performance*:

INDICI	
PAYBACK EPC	8
VAN pre-finanziamento post tax EPC	€ 10.855
VAN post-finanziamento post tax	€ 6.035
TIR pre-finanziamento pre tax	8,1%
TIR pre-finanziamento post tax	7,2%
TIR post-finanziamento, post tax	5,3%
ADSCR medio totale	1,12
ADSCR medio banca	1,77
utile medio lordo ante tax	€ 1.861

Tabella 28-Indici economici per la situazione Equal Performance

Dai risultati si può notare come l'investimento sia fattibile con un tempo di ritorno entro la durata contrattuale, garantendo VAN positivi e valori accettabili del tasso interno di redditività. L'ADSCR del finanziamento bancario testimonia un buon livello di copertura del debito: questo fungerà da ulteriore garanzia per le banche al fine di concedere il prestito alla ESCO.

È interessante far notare come cambino questi indici economici al variare del consumo registrato e dell'indice di prestazione: per semplicità si è deciso di far variare uno alla volta questi parametri, considerando la stessa variazione sia per la stagione invernale che per quella estiva.

Variatione EPI

Di seguito si riportano gli andamenti degli indici economici precedenti per un EPI che varia dal -5% al +5%.

VARIAZIONE EPI	-5%	0%	5%
EPI inverno	94	99	103
EPI estate	108	114	120
PAYBACK EPC	7	7	9
VAN pre-finanziamento post tax EPC	€ 15.686	€ 10.855	€ 3.953
VAN post-finanziamento post tax	€ 10.866	€ 6.035	-€ 867
TIR pre-finanziamento pre tax EPC	9,8%	8,1%	5,4%
TIR pre-finanziamento post tax	8,9%	7,2%	4,6%
TIR post-finanziamento, post tax	7,0%	5,3%	2,7%
ADSCR medio	1,18	1,12	1,04
ADSCR medio banca	1,86	1,77	1,64
utile medio lordo ante tax	€ 2.477,20	€ 1.860,75	€ 980,11
CANONE CLIENTE	€ 23.703,37	€ 23.967,57	€ 23.967,57

Tabella 29-Tabella variazione indici economici al variare dell'EPI

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

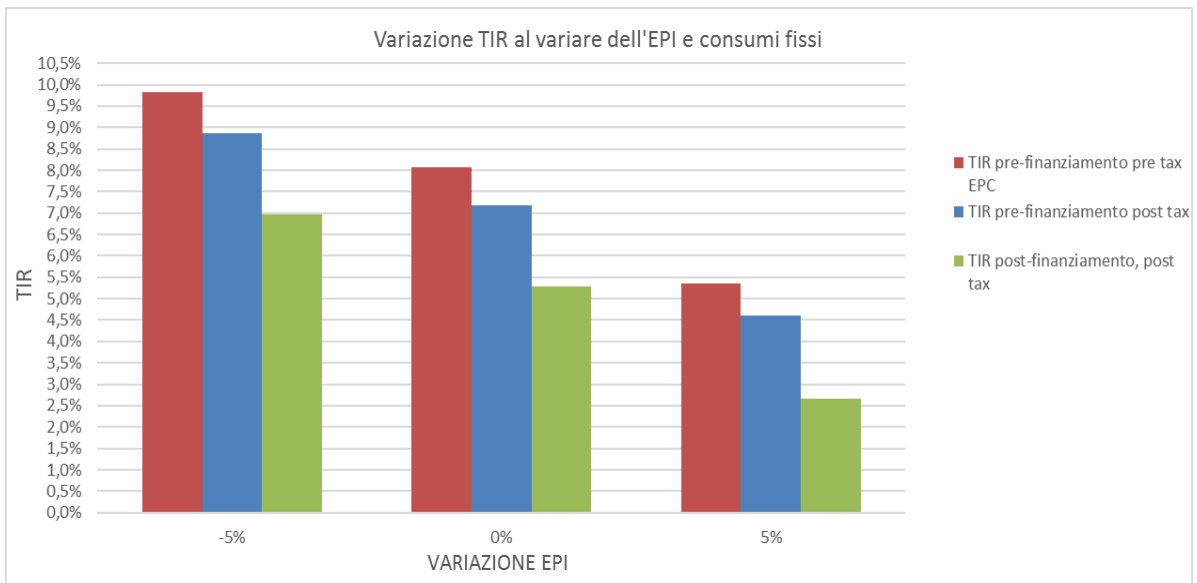
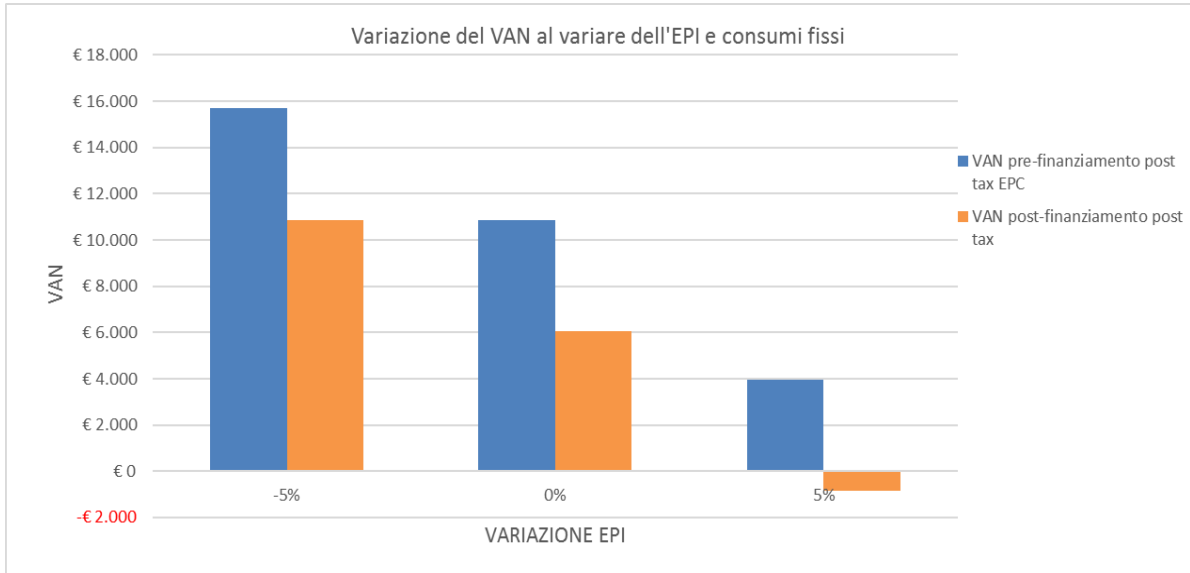


Figura 18-Andamenti di VAN e TIR al variare dell'EPI

Variatione dei consumi

In questo paragrafo si evidenzierà l'andamento degli indici economici al variare del consumo registrato, mantenendo l'EPI costante al valore target. Anche in questo caso è stata considerata, per semplicità la medesima variazione sia per l'inverno che per l'estate.

VARIAZIONE CONSUMO	-5%	0%	5%
CONSUMO inverno	230,95	243,10	255,26
CONSUMO estate	27,08	28,51	29,93
PAYBACK	8	7	7
VAN pre-finanziamento post tax	€ 8.465	€ 10.855	€ 13.245
VAN post-finanziamento post tax	€ 3.645	€ 6.035	€ 8.426
TIR pre-finanziamento pre tax	7,2%	8,1%	8,9%
TIR pre-finanziamento post tax	6,3%	7,2%	8,0%
TIR post-finanziamento, post tax	4,4%	5,3%	6,1%
ADSCR medio	1,10	1,12	1,15
ADSCR medio banca	1,73	1,77	1,81
utile medio lordo ante tax	€ 1.555,40	€ 1.860,75	€ 2.166,11

Tabella 30-Tabella variazione indici economici al variare del consumo registrato

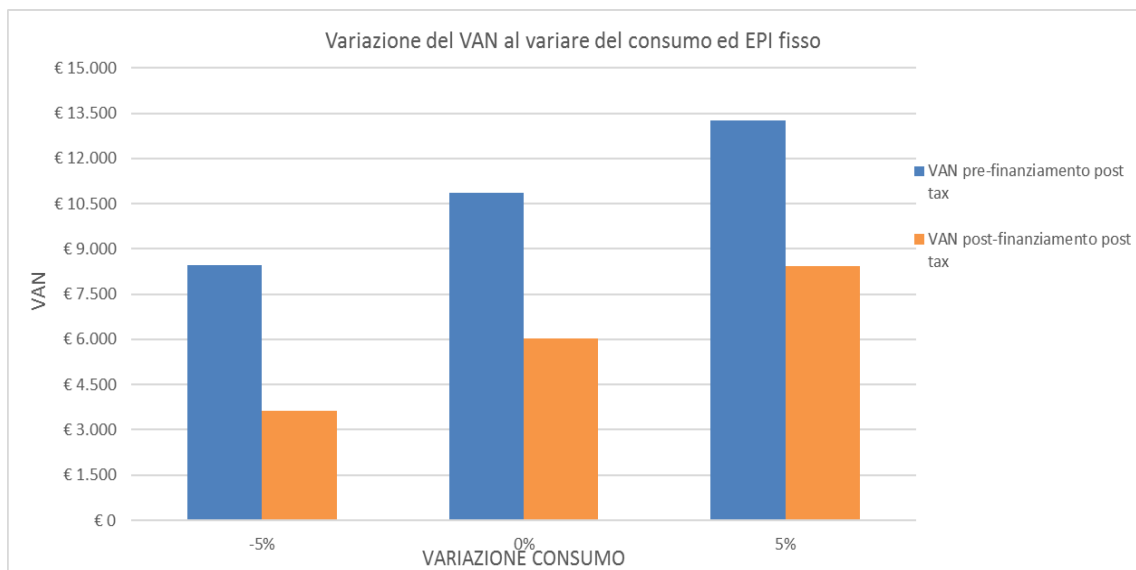


Figura 19-Andamento del VAN al variare del consumo

5. Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

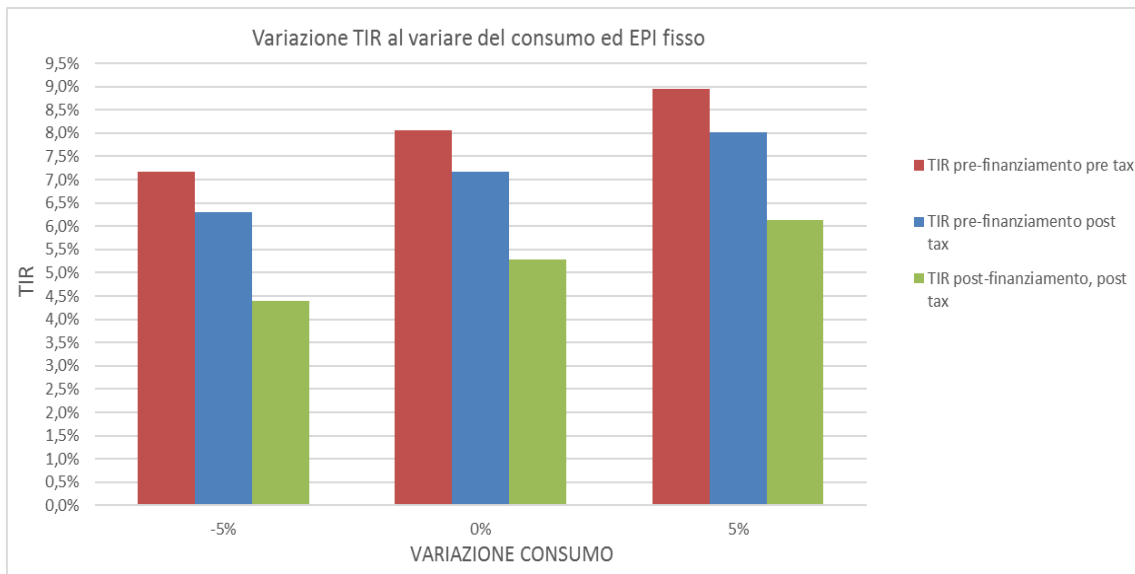


Figura 20-Andamento del TIR al variare del consumo

Si può notare come all'aumentare dei consumi ne derivi un miglior rendimento economico dell'investimento, anche se ciò sembrerebbe contraddittorio con quanto concerne la filosofia del risparmio energetico. La variazione del consumo così considerata è a parità di EPI, quindi imputabile ad un comportamento meno virtuoso da parte dell'utente: ovviamente il risparmio è sempre proporzionato al reale consumo del cliente, poiché definito come differenza tra il costo unitario del MWh tra la situazione ante e post intervento.

Invece in caso di consumo minore rispetto alla baseline, è necessario che la ESCO si tuteli per evitare il mancato ritorno dell'investimento negli anni voluti, definendo un consumo limite inferiore al di sotto della quale il cliente corrisponderà una quota fissa annuale. In questo caso, il canone è così definito:

$$C_{fisso} = \frac{(I_{lordo} - Incentivo_{tot}) * (1 + x\%)}{n} \quad [€/anno]$$

con:

- I_{lordo} = totale investimento al lordo dei possibili margini [€]
- $x\%$ = maggiorazione voluta [%]
- n = numero degli anni contrattuali

Il consumo minimo previsto, invece, è così determinato:

$$Q_{minimo} = Q_{MWh,target} * C_{fisso} / R_{ESCO,target} \quad [MWh/anno]$$

con:

- Q_{MWh} = Consumo energetico target [MWh/anno]
- $R_{ESCO,target}$ = Quota risparmio spettante alla ESCO nelle condizioni target [€/anno]

Nel caso in esame il consumo minimo è pari a 170 MWh/anno.

5.4 Finanziamento attraverso la formula ESC+

La metodologia in esame prevede che il cliente corrisponda alla ESCO, per tutta la durata contrattuale, un canone composto dalle seguenti voci:

Quota ammortamento opere

Il totale dell'investimento (70.000 €), a monte del margine sui lavori, verrà diluito per l'intera durata contrattuale in importi costanti al tasso di interesse applicabile dall'azienda, secondo la definizione economica di rata.

Quota manutenzione

Il totale corrisposto alla ESCO per i servizi di manutenzione ordinaria e contabilizzazione, previsti durante il periodo contrattuale, è stato considerato costante e pari al valore annuale del caso precedente (EPC) al fine di effettuare un adeguato confronto tra le due soluzioni contrattuali.

Quota consumi

La quota corrisposta annualmente dal cliente è così calcolata:

$$C_{consumo} = CU_{MWh,target} * Q_{MWh} \text{ [€/anno]}$$

dove $CU_{MWh,target}$ è il prezzo unitario del MWh ricavato precedentemente nello scenario *Equal Performance* del contratto EPC e verrà mantenuto costante per tutta la durata contrattuale, mentre Q_{MWh} è il consumo registrato.

Nella situazione *Under Performance*, ovvero nel caso in cui l'EPI misurato risulti inferiore all' EPI_{target} precedentemente calcolato, il cliente continuerà a pagare alla ESCO la medesima Quota consumi: in questo caso, poiché l'EPI è aumentato, il totale dei m³ di gas utilizzati sarà maggiore così come la spesa che dovrà sostenere l'azienda, in quanto fornitore del vettore energetico. Al contrario, nella situazione *Over Performance* il cliente corrisponderà una quota ridotta del seguente valore:

$$S_c = X\% * (EPI_{target} - EPI) * CU_{gas} * Q_{MWh}$$

Dove $X\%$ è una percentuale da definirsi contrattualmente (pari al 30% nel caso in esame). Il beneficio della ESCO è legato al minor consumo di gas registrato (poiché $EPI < EPI_{target}$) e quindi una diminuzione della bolletta energetica del distributore.

Per il caso considerato gli importi dei tre canoni sono i seguenti (situazione target):

- Quota ammortamento opere = 9.510,76 €
- Quota manutenzione = 1.348 €
- Quota consumo = 17.061 €

Il totale ante-incentivo ammonta a 27.919,39 €. Per poter garantire una riduzione della spesa rispetto allo storico (26.108,71 €) e allo stesso tempo ottenere un accettabile tasso di redditività, è necessario valutare la tipologia di incentivo da utilizzare. In questa analisi è stato considerato il Conto termico 2.0, dal momento che il cliente non presentava Ires sufficiente da permettergli di godere appieno dell'incentivo derivante dalle detrazioni fiscali del 65%.

Conto Termico 2.0

L'incentivo erogabile (calcolato secondo le modalità precedentemente esposte) ammonta a circa 39.575 €: tale valore è stato opportunamente ridotto di un fattore di sicurezza del 5 % per tenere conto delle possibili spese che possono verificarsi durante il periodo contrattuale. Affinché il beneficio derivante dall'incentivo sia godibile da entrambe le parti contrattuali è necessario scontare l'investimento totale del valore attualizzato dell'incentivo, il quale si ricava applicando la seguente formula:

$$V_a = C * (1 + i)^{-n}$$

Dove:

- C = Capitale totale [€]
- i = tasso di interesse applicato dall'azienda, pari al 6 % in questo caso
- n = numero degli anni di erogazione dell'incentivo, pari a 5

Il risultato è pari a 28.094 €. La rata di ammortamento opere dovrà essere ricalcolata ponendo come investimento complessivo la differenza tra il totale ante-incentivo e il valore attualizzato del Conto Termico appena ottenuto. Il risultato è una Quota annuale di ammortamento opere pari a 5.693,68 €. Infine la rata annuale derivante dal conto termico (pari a 39.575 € / 5 = 7.915 €) verrà contabilizzata nei ricavi dell'azienda, essendo essa il beneficiario diretto dell'incentivo.

La redditività dell'investimento è ravvisabile nella tabella seguente.

VARIAZIONE EPI	-5%	0%	5%
PAYBACK ESC+	6	6	7
VAN pre-finanziamento post tax ESC+	€ 20.916	€ 16.209	€ 9.357
VAN post-finanziamento post tax	€ 16.097	€ 11.389	€ 4.537
TIR pre-finanziamento pre tax ESC +	11,7%	10,1%	7,5%
TIR pre-finanziamento post tax	10,6%	9,1%	6,7%
TIR post-finanziamento, post tax	8,7%	7,2%	4,7%
ADSCR medio	1,87	1,79	1,68
utile medio ANTE TAX	€ 3.142	€ 2.541	€ 1.666
TOTALE CLIENTE con Conto Termico	€ 23.824,96	€ 24.082,17	€ 24.082,17

Tabella 31-Tabella variazione indici economici al variare dell'EPI

5. Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

Di seguito si riporta l'andamento degli indici economici più utilizzati al variare dell'EPI nei casi di finanziamento mediante metodologia EPC ed ESC+, allo scopo di effettuare un adeguato confronto.

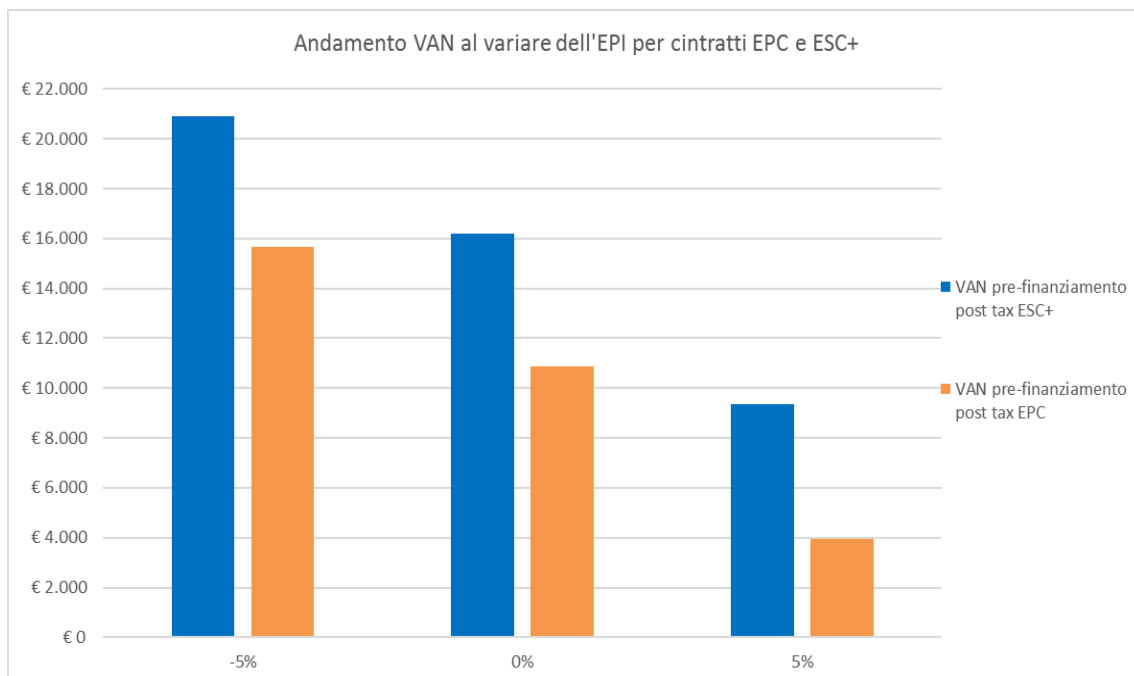
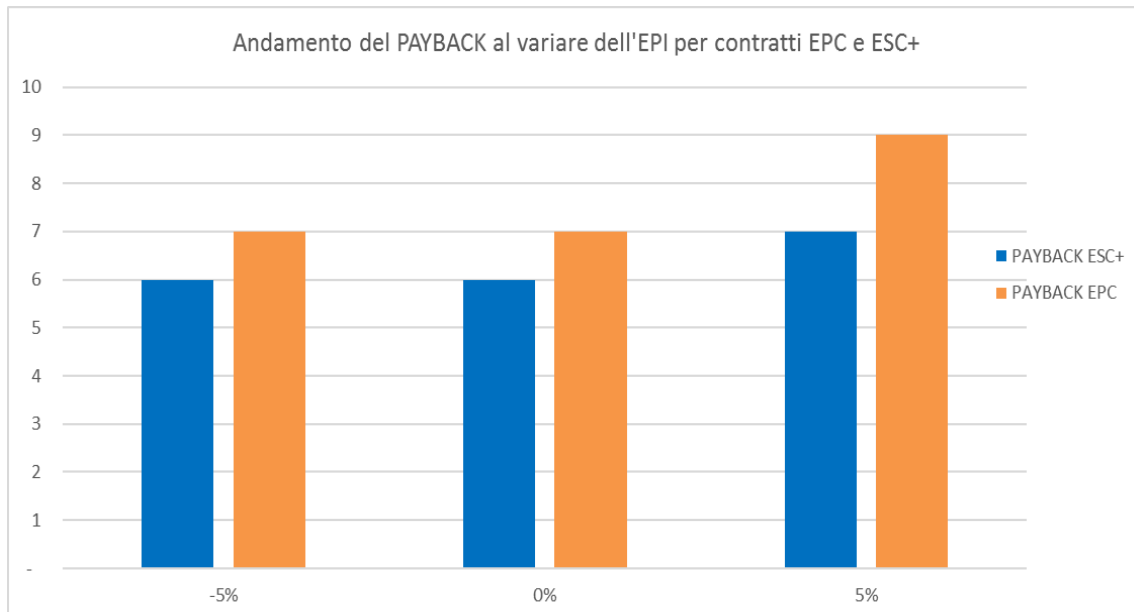


Figura 21-Confronto andamento PayBack e VAN tra ESC-Plus ed EPC

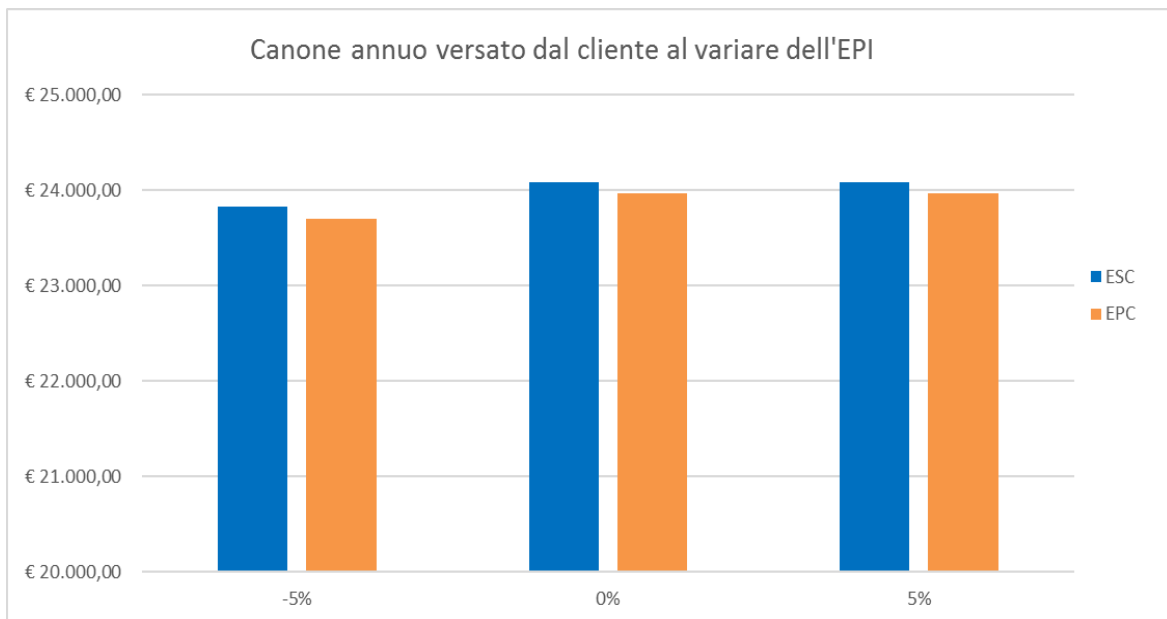
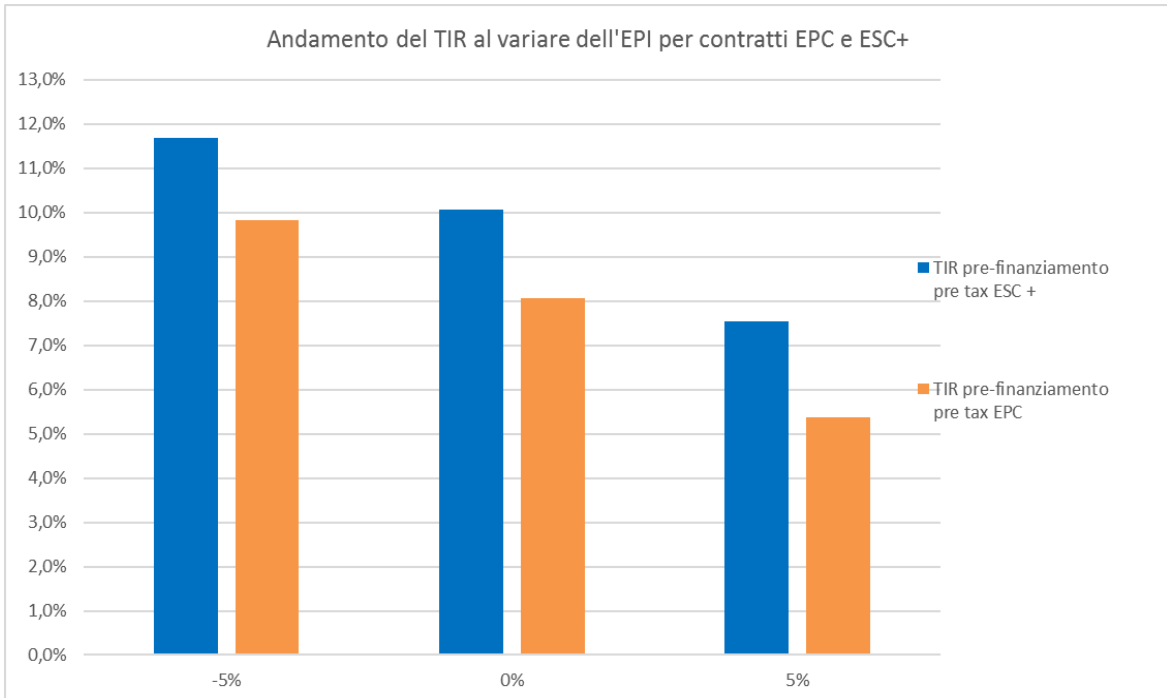


Figura 22-Confronto andamento TIR e Canone annuo tra ESC-Plus ed EPC

5. Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

Dai risultati ottenuti si osserva come il finanziamento mediante formula ESC+ consenta una maggiore redditività per l'azienda, garantendo ugualmente al cliente un risparmio economico rispetto allo storico (pari all'incirca all'8%). Dall'altro lato, la formula EPC concede al cliente una maggiore riduzione della spesa durante il periodo contrattuale, con un tasso di redditività accettabile, seppur minore rispetto la situazione precedente. Inoltre, con la formula ESC+, l'azienda potrebbe garantire una performance leggermente peggiore rispetto a quello dedotto dai calcoli ingegneristici: garantendo un EPI_{target} maggiorato, ad esempio, del 5% rispetto a quanto calcolato nella soluzione *Equal Performance*, (quindi valori di $EPI_{\text{target,inv}} = 103 \text{ m}^3/\text{MWh}$ e $EPI_{\text{target,est}} = 120 \text{ m}^3/\text{MWh}$ invece di $98,5 \text{ m}^3/\text{MWh}$ e $114 \text{ m}^3/\text{MWh}$ rispettivamente) si otterrebbe comunque un buon ritorno dell'investimento, a fronte, però, di un minor risparmio per il cliente (circa il 4%): in questo modo la ESCO può tutelarsi nel caso in cui l'intervento sia meno performante del previsto, garantendo ugualmente un risparmio economico all'utente.

5.5 Applicazione della metodologia per un intervento in condominio

A titolo di esempio, si è voluto valutare l'applicabilità della modalità contrattuale EPC al fine di finanziare un intervento di risparmio energetico per un condominio di media grandezza situato a Vicenza. L'intervento preso in esame riguarda l'installazione di un gruppo Robur pre-assemblato composto da una pompa di calore GAHP-A e due caldaie AY-Condensing.

In questo caso il modello di calcolo delle prestazioni secondo UNI TS 11300-4 si applica perfettamente dato che è richiesto soltanto il servizio di climatizzazione degli ambienti, poiché la produzione di acqua calda sanitaria è ottenuta mediante sistemi autonomi nelle singole unità immobiliari.

I dati di input sono i seguenti:

Potenza di progetto	90	kW
T_H_off	16	°C
T-progetto	-5	°C
T_H_cut_off	-5	°C
T_mandata	65	°C
T_ritorno	55	°C
Unità installate	1	
Tipo di regolazione	ON/OFF	
Volume Vaso Inerziale	0	litri

Tabella 32-Dati di input

I dati climatici da considerare sono quelli relativi alla città di Vicenza, direttamente disponibili dalla norma UNI 10349. Il calcolo dei bin si attua come nel caso precedente e non presentano sostanziali differenze da quelli di Bassano.

Si è deciso di optare per l'installazione di una sola GAHP-A e fornire la restante energia termica con due caldaie integrative, allo scopo di limitare i costi di investimento, dato che l'aumento dell'efficienza complessiva del sistema non avrebbe giustificato l'incremento dell'investimento iniziale: inoltre un'eccessiva potenza installata avrebbe portato la pompa di calore a lavorare per la maggior parte del tempo nelle condizioni di carico parziale, penalizzandola dal punto di vista del GUE.

Nella tabella seguente si riportano i valori di rendimento delle unità AY-Condensing al variare della temperatura dell'acqua di ritorno dall'impianto, ricavati dal manuale di progettazione del produttore. Per le condizioni operative scelte, il rendimento si attesta ad un valore fisso di 99%.

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

EFFICIENZA AY CONDENSING	
TEMPERATURA ACQUA RITORNO (T _{hr})	
20	1,05
25	1,05
30	1,04
35	1,03
40	1,02
45	1,01
50	0,99
55	0,98
60	0,97
65	0,93
70	0,93

Tabella 33 - Efficienza Robur AY-Condensing

La metodologia di calcolo è la stessa del caso precedente ed i risultati ottenuti sono i seguenti:

Temperatura	t _{bin(i)}	Firma Energetica Pb(i)	Fabbisogno Q _{b(i)}	Potenza della pdc P _{hp(i)}	CR(i)	Energia erogata dalla pdc Q _{hp(i)}	GUE(i)	Energia ingresso pdc E _{hp(i)}	Energia erogata integrazione Q _{bu(i)}	Energia ingresso integrazione E _{bu(i)}
°C	h	kW	kWh	kW	-	kWh	-	kWh	kWh	kWh
-5	0	90,00	0,00	26,40	1,00	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00
-4	18	85,71	1552,07	26,80	1,00	485,28	1,06	459,92	1066,79	1088,56
-3	28	81,43	2314,17	27,10	1,00	770,17	1,07	720,42	1544,00	1575,51
-2	72	77,14	5543,26	27,50	1,00	1976,07	1,08	1824,69	3567,19	3639,99
-1	107	72,86	7819,18	27,80	1,00	2983,56	1,10	2717,59	4835,63	4934,31
0	149	68,57	10244,56	28,20	1,00	4213,07	1,11	3786,11	6031,48	6154,57
1	193	64,29	12417,84	28,60	1,00	5524,56	1,13	4899,07	6893,28	7033,96
2	249	60,00	14951,06	29,00	1,00	7226,35	1,14	6324,60	7724,72	7882,36
3	296	55,71	16504,35	29,40	1,00	8709,22	1,16	7517,84	7795,13	7954,21
4	326	51,43	16760,42	29,80	1,00	9711,73	1,18	8262,74	7048,69	7192,54
5	351	47,14	16524,93	30,20	1,00	10585,97	1,19	8878,95	5938,96	6060,16
6	357	42,86	15318,17	30,70	1,00	10972,91	1,21	9067,49	4345,25	4433,93
7	352	38,57	13570,21	31,10	1,00	10941,61	1,23	8909,95	2628,60	2682,25
8	346	34,29	11876,29	31,60	1,00	10945,98	1,25	8785,56	930,31	949,30
9	322	30,00	9674,02	32,00	0,94	9674,02	1,27	7621,71	0,00	0,00
10	280	25,71	7211,93	32,50	0,79	7211,93	1,28	5628,65	0,00	0,00
11	241	21,43	5160,67	33,00	0,65	5160,67	1,27	4071,20	0,00	0,00
12	205	17,14	3522,22	33,40	0,51	3522,22	1,23	2863,08	0,00	0,00
13	181	12,86	2321,47	33,90	0,38	2321,47	1,17	1986,18	0,00	0,00
14	156	8,57	1333,66	34,30	0,25	1333,66	1,09	1228,38	0,00	0,00
15	125	4,29	535,16	34,80	0,12	535,16	0,98	545,81	0,00	0,00

Tabella 34 - Tabella dei calcoli prestazionali per condominio

Di seguito si riporta l'andamento della firma energetica dell'edificio, della curva caratteristica della pompa di calore nonché dell'energia erogata da quest'ultima e dal sistema di integrazione.

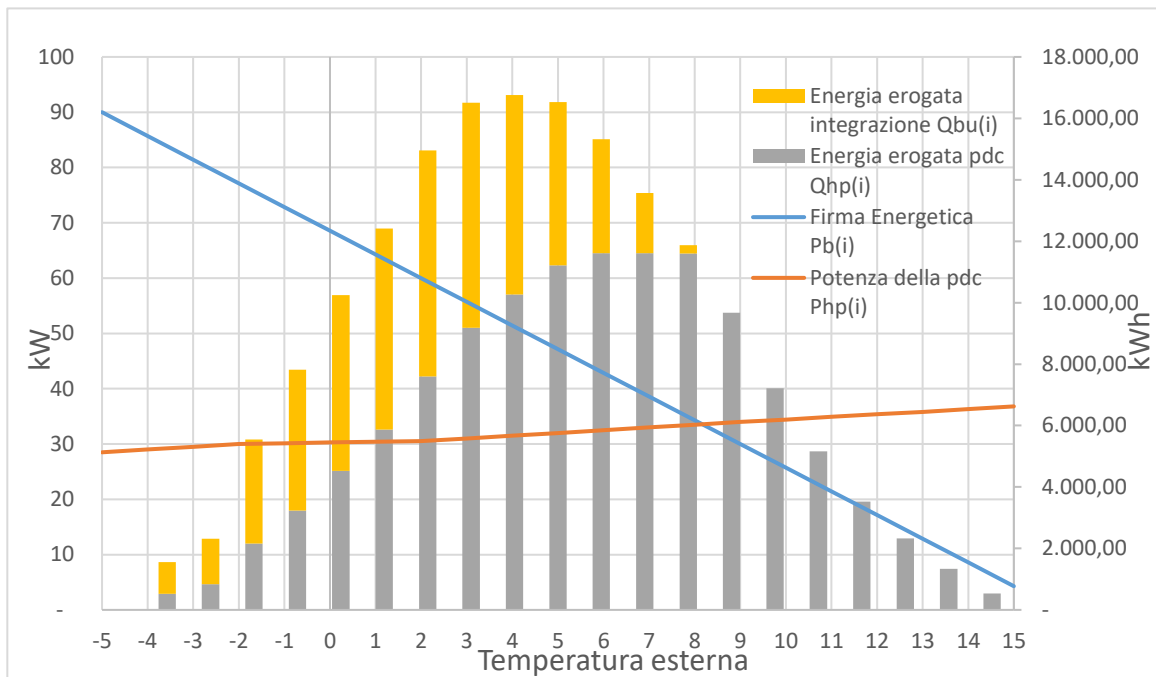


Figura 23-- Grafico degli andamenti di potenza ed energia in funzione della temperatura esterna: caso di un'utenza condominiale

Dato il minor carico termico rispetto la situazione precedente, le pompe di calore riescono a coprire fino al 66% del carico, a fronte di una potenza installata pari al 35% di quella di progetto. La temperatura bivalente presenta un valore $T_{biv} = 8,56 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

In questo caso il GUE raggiunge un valore di 1.19 mentre l'efficienza del sistema complessivo ammonta ad un valore di 1.11.

Come già accennato precedentemente, optare per l'installazione di due pompe di calore ed una sola caldaia integrativa, nelle medesime condizioni operative, porterebbe ad un abbassamento del GUE al valore di 1.15, dimostrando come per la maggior parte del tempo, il sistema lavori a carico parziale.

Cambiando le condizioni operative ponendo una temperatura di mandata di $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (nel caso di impianti di emissione a bassa temperatura) l'efficienza dell'intero sistema salirebbe a 1.42, a fronte di una copertura del fabbisogno termico dovuto alle pompe di calore pari all'80% ed una potenza termica, nelle condizioni di progetto, pari al 45% della potenza totale.

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

I consumi di gas per la stagione termica sono stati ricavati dalle bollette energetiche del distributore, opportunamente normalizzati ai Gradi Giorno di Vicenza al fine di ottenere un profilo di consumo nelle condizioni climatiche standard. La **baseline stagionale normalizzata** è pari a **9.514 m³/anno**. Applicando la stessa procedura per il calcolo del risparmio descritta al paragrafo 5.2 si sono ottenuti i seguenti risultati.

ANALISI RISPARMIO		CALDAIA TRADIZIONALE	GAHP+AY CONDENSING
Consumi di gas	Sm3	9.514	6.167
PCI	kWh/m3	9,59	9,59
Energia finale	MWh	91	59
Rendimento	%	80%	111%
Risparmio dovuto ad ulteriori interventi	%	0%	10%
Energia utile a valle del generatore	MWh	73,0	65,7
Costo medio unitario del gas	€/m3	€ 0,65	€ 0,65
Costo totale	€	€ 6.160,32	€ 3.992,40
EPI	m3/MWh	€ 130,34	€ 93,87
Costo MWh	€/MWh	€ 84,40	€ 60,78
Fattore emissione CO2	kgCO2/m3	1,95	1,95
kg di CO2	kgCO2	18.552	12.025
Risparmio energetico unitario	m3/MWh		36,47
Risparmio economico	€		€ 2.167,38
Emissioni evitate	kgCO2		6.527
% Risparmio	%		35%

Tabella 35-Tabella riassuntiva dei risparmi ottenibili

Le percentuali di ripartizione del risparmio sono le stesse del contratto EPC per la scuola. La durata contrattuale è la stessa, pari a 10 anni: per un intervento in un condominio di medie dimensioni non avrebbe senso considerare una durata maggiore. Anche in questo caso Sinergia sarà il fornitore del vettore energetico e quindi il cliente dovrà remunerare la ESCO per il gas acquistato. Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti per la situazione *Equal Performance*.

EQUAL PERFORMANCE	U.M		
EPI base	m3/MWh	130,3	
EPI target	m3/MWh	93,9	
Epi effettivo	m3/MWh	93,9	
Consumo MWh	MWh	65,7	Q_MWh
Consumo base	m3	8.563	Q_MWh*EPI_base
Consumo target	m3	6.167	Q_MWh*EPI_target
Consumo effettivo	m3	6.167	Q_MWh*EPI_eff
Costo unitario gas	€/m3	€ 0,65	CU_gas

5.Studio di un contratto EPC per l'utenza di Bassano

EQUAL PERFORMANCE	U.M		
Costo base	€	€ 5.544,28	$CT_{base} = CU_{gas} * Q_{MWh} * EPI_{base}$
Costo target	€	€ 3.992,94	$CT_{target} = CU_{gas} * Q_{MWh} * EPI_{target}$
Costo effettivo	€	€ 3.992,94	$CT_{eff} = CU_{gas} * Q_{MWh} * EPI_{eff}$
Risparmio target	€	€ 1.730,89	$R_{target} = CT_{base} - CT_{target}$
Risparmio extra	€	€ 0,00	$R_{extra} = CT_{target} - CT_{eff}$
Quota Sinergia risparmio target	€	€ 1.551,35	$R_{esco} = 95\% * R_{target}$
Quota cliente risparmio target	€	€ 77,57	$R_{cliente} = 5\% * R_{target}$
Quota Sinergia risparmio extra	€	€ 0,00	$R_{extra_esco} = 70\% * R_{extra}$
Quota cliente risparmio extra	€	€ 0,00	$R_{extra_cliente} = 30\% * R_{extra}$
COSTO BASELINE	€	€ 5.544,28	
Sconto dovuto al risparmio	€	€ 77,57	$S = R_{cliente} + R_{extra_cliente}$
TOTALE CANONE	€	€ 5.466,72	$Canone = CT_{base} - S$
Remunerazione gas per Sinergia	€	€ 3.992,94	$CU_{gas} * EPI_{eff} * Q_{MWh}$
Recupero investimento per Sinergia	€	€ 1.473,78	$R_{esco} + R_{extra_esco}$

Tabella 36-Tabella riassuntiva dei risultati ottenibili per la situazione Equal-Performance

L'investimento totale da recuperare con il risparmio ammonta a **37.632,40 €**, al lordo del margine sui lavori. Anche in questo caso è stato considerato il Conto Termico 2.0 come incentivo e calcolato secondo le modalità illustrate nel par. 5.3. A causa della minor potenza installata il totale erogabile ammonta a **14.525 €** (pari al 45% del totale investimento) diluito in rate costanti del valore $I_{a,tot} = 2.905 €$ per 5 anni.

Come si può notare nella precedente tabella, risulta impossibile remunerare un investimento di tale entità (anche considerando l'incentivo) recuperando soltanto **€ 1.473,78 €** all'anno dal risparmio conseguibile dal cliente. Considerando anche un margine del 10% dovuto ad un possibile sconto sulla manodopera e il contributo del Conto Termico, il totale dell'investimento risultante sarebbe di 19.344,11 €: attuando una semplice PayBack analisi, l'investimento non tornerebbe entro la durata contrattuale. Affinché ciò avvenga sarebbe necessario che il cliente consumasse un quantitativo di energia termica superiore addirittura alla situazione ante-intervento: ciò ovviamente non è accettabile poiché in contrasto con la definizione stessa di risparmio energetico.

6 Conclusioni

Nel presente elaborato è stata condotta una panoramica sul ruolo delle ESCO nel settore energetico italiano ed europeo, mettendone alla luce gli aspetti fondamentali e le diverse tipologie contrattuali che possono essere da loro proposte. I contratti EPC risultano essenziali ai sensi della certificazione secondo la normativa UNI CEI 11352, ad oggi quanto mai necessaria ad una ESCO per operare nel mercato energetico. Nonostante lo scetticismo tuttora dimostrato da parte dei soggetti finanziatori per queste metodologie contrattuali, molti sforzi si stanno compiendo, anche a livello europeo, per promuovere l'utilizzo di questi contratti: un esempio è rappresentato dalla nascita della nuova figura professionale del Facilitatore EPC e dalla definizione di un protocollo standardizzato per il monitoraggio e la verifica del risparmio. Allo scopo di delinearne le caratteristiche e peculiarità, è stato condotto lo studio di un caso pratico di applicazione di un EPC a servizio di una scuola ed un ostello situati a Bassano del Grappa. L'intervento riguardava la riqualificazione della centrale termica, mediante la sostituzione dei vecchi generatori di calore con due caldaie a condensazione e due pompe di calore ad assorbimento dell'azienda Robur S.p.A, per il servizio di riscaldamento degli ambienti e produzione di acqua calda sanitaria. Le performance sono state valutate applicando il metodo esposto nella norma UNI TS 11300-4. Il finanziamento è stato affrontato nella logica contrattuale di un EPC con formula "Share Saving" (Risparmio Condiviso). I risultati ottenuti hanno messo alla luce come la metodologia garantisca la remunerazione della ESCO entro i tempi previsti, permettendo allo stesso tempo al cliente di godere di una percentuale dei risparmi durante il periodo contrattuale. Il finanziamento dell'intervento è stato poi valutato nell'ottica di un Energy Service Contract Plus (ESC Plus) per portare alla luce le differenze tra i due tipi: il primo permette all'utente di godere di risparmi maggiori durante il periodo contrattuale mentre il secondo garantisce una maggiore redditività per la ESCO. Infine l'EPC è stato studiato allo scopo di finanziare un intervento di riqualificazione della centrale termica per un'utenza residenziale più ristretta, nel caso in esame un condominio di Vicenza, caratterizzata da un profilo di consumo più basso: a causa dei bassi risparmi economici ottenibili è risultato impossibile affrontare l'intervento nella logica contrattuale di un EPC. Questo testimonia come la loro applicabilità si ravvisi laddove ci sia un forte consumo di energia e di conseguenza un risparmio notevole tale da essere vantaggioso sia per il cliente che per la ESCO. Infine si è visto che incentivi risultano fondamentali per la buona riuscita di qualsiasi forma contrattuale, sia per garantire il risparmio al cliente che per consentire la remunerazione dell'azienda stessa.

7 Bibliografia

1. *Cosa prevede l'accordo sul clima approvato a Parigi.* s.l. : Internazionale.
2. *Riscaldamento globale: anche il 2016 batte il record delle temperature.* C.Cassardo, S.Caserini,S.Coyaud,S.Casadei,R.Reitano. s.l. : QualEnergia.it.
3. *Troppo inquinamento nelle città italiane:servono interventi strutturali seri.* QualEnergia.it.
4. *Dlgs 14 Luglio 2014 n.102.* s.l. : www.nextville.it.
5. *Efficiency First: vogliamo politiche più ambiziose.* G.Silvestrini.
6. *Efficienza energetica in Italia: tecnologie, mercato e prospettive di crescita.* F.Frattini.
7. *65%, Procedure detrazioni fiscali.* s.l. : www.nextville.it.
8. *Guida ai Contratti di Prestazione Energetica negli edifici pubblici.* S.Zabot, D.Di Santo.
9. *UNI CEI 11352.*
10. *Market Report on the Italian EPC Market. 2020, HJorizon.*
11. *Report on the European EPC Market. Guarantee.* s.l. : Grazer Energieagentur GmbH.
12. *INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT E VERIFICATION PROTOCOL.* www.evo-world.com.
13. *Risks in energy Performance Contracting.* P.Lee, P.T.I Lam, W.L.Lee. 92, The Hong Kong Polytechnic University : s.n., 2015, Vol. Energy and Buildings.
14. www.robur.it/GAHP-A_Rev2012.
15. *UNI TS 11300-4, ver.2014.*
16. *Seasonal performance evaluation of electric air-to-water heat pump systems.* M.Dongellini, C.Naldi, G.L.Morini. 90, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Bologna : s.n., 2015, Vol. Applied Thermal Engineering.
17. *S.p.A., Robur. Manuale di progettazione, sezione I - GAHP-A.*
18. *UNI TS 11300-2,ver.2014.*