

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Energetica

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Energetica e Nucleare**

Tesi di Laurea Magistrale

Modellazione tecnico-economica degli interventi incentivati dal Conto Termico 2.0



Relatori

Prof. Marco Carlo Masoero
Ing. Arduino Francesco
Ing. Sandrone Federico

Candidato

De Donno Lorenzo

Marzo 2019

Indice

1.	Introduzione	1
2.	La figura delle ESCo.....	2
2.1	Il contratto di rendimento energetico (EPC)	2
2.2	Contratti in Partenariato pubblico-privato (PPP)	7
3.	Riferimenti normativi.....	9
3.1	Inquadramento normativo del Conto Termico	9
3.1.1	Interventi incentivabili.....	9
3.1.2	Soggetti Ammessi e Soggetti Responsabili	10
3.1.3	Modalità di accesso e incentivi.....	11
3.1.4	Erogazione degli incentivi	12
3.1.5	Cumulabilità degli incentivi	12
3.2	Altri riferimenti normativi.....	14
4.	Descrizione generale del modello	17
5.	Dati di input	19
5.1	Dati climatici	19
5.2	Dati dell'edificio e tipologia di utenza	21
5.3	Impianto da sostituire e consumi.....	23
6.	Procedimento di calcolo.....	26
6.1.1	Dimensionamento del nuovo generatore	26
6.1.2	Dimensionamento del serbatoio di accumulo.....	28
6.1.3	Calcolo dell'incentivo.....	29
6.1.4	Valutazione economica degli interventi	32
7.	Risultati in output dal modello.....	40
8.	Casi studio.....	42
8.1	Caso studio: Asilo nido	42
8.1.1	Intervento di sostituzione con caldaia a cippato	42
8.1.2	Intervento di sostituzione con caldaia a gas a condensazione	43
8.1.3	Intervento di sostituzione con pompe di calore	44
8.2	Caso studio: Palazzo comunale	46
8.2.1	Intervento di sostituzione con caldaia a cippato	46
8.2.2	Intervento di sostituzione con caldaia a gas a condensazione	47
8.2.3	Intervento di sostituzione con pompe di calore	48
8.3	Caso studio: Palazzo comunale	49
8.3.1	Intervento di sostituzione con caldaia a cippato	49

8.3.2	Intervento di sostituzione con caldaia a gas a condensazione	50
8.3.3	Intervento di sostituzione con pompe di calore	51
9.	Possibili implementazioni future	53
10.	Conclusioni.....	54
11.	Bibliografia.....	55

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 - ESEMPIO DI CONFRONTO TRA SOSTITUZIONE CON CALDAIA A LEGNA E CIPPATO. INDICATORE ECONOMICO: NET PRESENT VALUE.....	18
FIGURA 2 - ASPETTO DEL MODELLO: SCHEDA DATI INPUT	19
FIGURA 3 - ESEMPIO DI INTERAZIONE CON IL MODELLO PER LA SCELTA DEL COMBUSTIBILE UTILIZZATO PRIMA DELL'INTERVENTO.....	23
FIGURA 4 - PROSPETTO DEL DIMENSIONAMENTO DEL GENERATORE.....	27
FIGURA 5 - ANDAMENTO DEI PREZZI IN FUNZIONE DELLA TAGLIA DEL GENERATORE. RANGE DI POTENZA CONSIDERATO 10-1000 kW, $\Delta T=5$ °C. PREZZI FORNITI DA (GRUNDFOS).....	33
FIGURA 6 - MANODOPERA ELETTRICA: ANDAMENTO DEI PREZZI IN FUNZIONE DELLA TAGLIA DEL GENERATORE.	33
FIGURA 7 - MANODOPERA TERMICA: ANDAMENTO DEI PREZZI IN FUNZIONE DELLA TAGLIA DEL GENERATORE.....	34
FIGURA 8 - CANNE FUMARIE: ANDAMENTO DEI COSTI IN FUNZIONE DEL DIAMETRO. PIANI FUORI TERRA IN NUMERO PARI A QUATTRO.	35
FIGURA 9 - ADDOLCITORI: GUIDA ALLA SCELTA PROPOSTA DA (CILLICHEMIE).....	36
FIGURA 10 - ADDOLCITORI: ANDAMENTO DEL PREZZO DEGLI ADDOLCITORI CON LA VOLUMETRIA. IPOTESI DI DUREZZA DELL'ACQUA:30-35 °F.	37
FIGURA 11 - ESEMPIO TABELLA RIASSUNTIVA DELL'INTERVENTO: CASO CON CALDAIA A LEGNA DA 60 kW	38
FIGURA 12 - ESEMPIO DI CORRELAZIONE TRA NPV E DR	41
FIGURA 13 - ASILO NIDO: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON CALDAIA A CIPPATO.....	43
FIGURA 14 - ASILO NIDO: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON CALDAIA A GAS A CONDENSAZIONE.....	44
FIGURA 15 - ASILO NIDO: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON POMPE DI CALORE	45
FIGURA 16 - PALAZZO COMUNALE: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON CALDAIA A CIPPATO.....	46
FIGURA 17 - PALAZZO COMUNALE: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON CALDAIA A GAS A CONDENSAZIONE ...	47
FIGURA 18 - PALAZZO COMUNALE: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON POMPE DI CALORE	48
FIGURA 19 - CONDOMINIO: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON CALDAIA A CIPPATO	49
FIGURA 20 - CONDOMINIO: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON CALDAIA A GAS A CONDENSAZIONE	50
FIGURA 21 - CONDOMINIO: ANDAMENTO DELL'INDICATORE NPV: SOSTITUZIONE CON POMPE DI CALORE.....	51
FIGURA 22 - CONDOMINIO: NPV VS DR, CONFRONTO DELLA CONVENIENZA DEGLI INTERVENTI.....	52

1. Introduzione

L'idea di redigere il seguente lavoro di tesi è nata dalla mia personale esperienza avuta durante lo svolgimento del tirocinio curricolare presso la società che fornisce Servizi Energetici, Coesa S.r.l., sita in Corso Francia 30, a Torino. Questa società è attiva dal 2012 nel campo dell'efficientamento energetico, spaziando dalla progettazione, alle soluzioni di monitoraggio, all'illuminazione e alla riqualificazione di aziende, edifici pubblici e privati, realizzando i progetti direttamente o con numerosi partners. Dal 2014 è stata accreditata come ESCo e negli anni ha ottenuto dapprima l'iscrizione come società di servizi energetici (2015) e poi la Certificazione EGE nella persona di Dario Costanzo, co-fondatore, nel 2016, secondo la (UNI EN 11339 2009) e la Certificazione ESCo nel 2018, secondo la (UNI CEI 11352 2014).

Durante l'esperienza maturata in azienda è risultato abbastanza evidente l'attitudine del personale nel cercare di standardizzare, per quanto possibile, gli step dei diversi progetti, in modo da poter organizzare e garantire l'avanzamento dei lavori in maniera ottimale. In questo modo è nata la necessità di sviluppare uno strumento in grado di risolvere una delle criticità che le ESCo si trovano ad affrontare nel campo del partenariato pubblico privato (PPP), dei servizi energia e degli Energy Performance Contract (EPC).

Con questo tipo di contratti e collaborazioni è quantomai importante per le aziende pianificare delle azioni di miglioramento delle performance energetiche che si traducono in risparmi di energia più o meno importanti a seconda delle dimensioni dell'azienda e quindi dei consumi. Per valutare quali interventi ha senso intraprendere dal punto di vista economico, ma che generano anche i risparmi più significativi, sono necessarie delle valutazioni approfondite. In seguito alla richiesta, da parte del cliente, della valutazione di interventi di efficientamento energetico per la propria attività, si redige un documento, la Diagnosi Energetica, che prevede l'analisi dei possibili interventi nell'ottica di avere un miglioramento delle prestazioni energetiche globali dell'edificio, insieme ad un'analisi di fattibilità economica per ciascuno di essi. Questo documento risulta essere obbligatorio per gli interventi di incentivazione, come il Conto Termico. La stesura di una Diagnosi Energetica richiede la raccolta di notevoli informazioni. I dati di involucro opaco e trasparente dell'edificio, il tipo di impianto termoidraulico esistente, i consumi ante-intervento e le abitudini degli occupanti sono solo alcune tra le altre informazioni necessarie per poi ricavare degli indicatori specifici che permettono il confronto tra edifici con la medesima destinazione d'uso. La reperibilità di queste informazioni può risultare difficile e onerosa, causando spesso una notevole mole di lavoro. Tutto questo viene vanificato qualora il cliente decidesse di rivolgersi ad un altro soggetto per realizzare gli interventi analizzati nella Diagnosi. Quest'evenienza risulta tanto frequente quanto scomoda per diversi fattori, prima tra tutti la perdita di tempo che ne risulta, ma anche i risultati a volte poco rappresentativi basati su stime di consumi e difficoltà nel reperire informazione sulla ripartizione dei consumi nello stabile.

Lo scopo del seguente lavoro di tesi è quello di fornire uno strumento in grado di garantire a queste società una valutazione, seppur preliminare, di alcuni di questi interventi, snellendo il lavoro e guadagnandone soprattutto in termini di tempo. Nello specifico, si è realizzato un programma che analizza la fattibilità tecnico-economica degli interventi di sostituzione di generatori di calore che beneficiano dell'incentivo del Conto Termico 2.0.

2. La figura delle ESCo

Come sono state introdotte nel panorama italiano, come operano

ESCO è l'acronimo che è assegnato a quelle società che forniscono servizi energetici (SSE) cioè che, attraverso determinati contratti, sollevano il beneficiario dall'onere di dover occuparsi di tutto l'iter previsto per la realizzazione di un determinato intervento. Quest'ultimo fa parte della categoria di interventi che prevedono la riqualificazione di un sistema energetico oppure un completo rifacimento in ottica di efficientamento per migliorare le prestazioni, diminuire i consumi e avere dei costi di esercizio e operativi minori rispetto alla situazione precedente. Questo però non sempre è fattibile per un soggetto, privato o pubblico, sia per mancanza di fondi, nonostante i numerosi meccanismi di incentivazione che lo Stato italiano ha attivato, oppure perché non viene considerato di primaria importanza.

È proprio in questo campo che le ESCo trovano spazio per la loro attività. Questa figura è stata introdotta in principio dalla norma UNI CEI EN ISO 50001, che definisce queste società come uno degli attori che possono creare, avviare monitorare e migliorare un sistema di gestione dell'energia (SGE). Vediamo però come queste società entrano nel panorama normativo italiano. Il 30 Maggio 2008 il (D. Lgs. n.115) recepisce la Direttiva Europea sull'uso razionale ed efficiente dell'energia (D.E. 2006/32/CE) e fornisce per la prima volta una definizione di ESCo come la "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" (D. Lgs. n.115 2008). Come riportato, si tratta quindi di società che si assumono il rischio finanziario dell'intervento, legando i conseguenti risparmi economici al proprio profitto: maggiore sarà l'efficienza energetica e maggiore sarà il guadagno. Questo è il principio su cui si basa uno dei contratti che le ESCo stringono con il committente: il contratto di rendimento energetico o EPC (dall'inglese Energy performance contract).

2.1 Il contratto di rendimento energetico (EPC)

Il contratto di rendimento energetico è definito come:

“il contratto con il quale un soggetto “fornitore” (di solito una Energy Service Company, o ESCO) si obbliga al compimento - con propri mezzi finanziari o con mezzi finanziari di terzi soggetti - di una serie di servizi e di interventi integrati volti alla riqualificazione e al miglioramento dell'efficienza di un sistema energetico (un impianto o un edificio) di proprietà di altro soggetto (beneficiario), verso un corrispettivo correlato all'entità dei risparmi energetici (preventivamente individuati in fase di analisi di fattibilità) ottenuti in esito all'efficientamento del sistema (la definizione dell'istituto in parola si rinviene nella (D.E. 2006/32/CE), che ha trovato attuazione in Italia con il (D. Lgs. n.115 2008)). (Treccani 2010)

L'oggetto del contratto consiste dunque nella individuazione, progettazione e realizzazione di un livello di efficienza energetica con riferimento ad un determinato impianto o edificio, tale da consentire un risparmio di spesa sulla bolletta energetica del cliente.

Il rapporto contrattuale vede coinvolte normalmente due parti, il “beneficiario” e il “fornitore”; quest’ultimo, di norma, anticipa i costi degli investimenti necessari per gli interventi da realizzare o comunque assume l’obbligo di reperire i mezzi finanziari presso soggetti terzi (normalmente, istituti di credito). In talune ipotesi, peraltro, il soggetto finanziatore, laddove diverso dal “fornitore”, entra anch’esso nel rapporto contrattuale di EPC in qualità di parte: si instaura, cioè, un rapporto trilaterale, che vede direttamente coinvolto anche il soggetto finanziatore nello schema fondamentale dell’operazione. Collegati all’EPC, poi, sono di norma tutti quegli accordi di carattere strumentale, che il fornitore stipulerà in relazione all’esecuzione del progetto e al fine di prestare le specifiche garanzie eventualmente richieste dal contratto.

L’EPC è un contratto di durata caratterizzato dall’onerosità e corrispettività delle prestazioni. Il fornitore, infatti, si obbliga sostanzialmente al conseguimento del risparmio energetico da parte del sistema sottoposto all’intervento; il cliente, per parte sua, è chiamato ad osservare determinate norme di comportamento, previamente determinate, che nella fase di valutazione del raggiungimento del risultato promesso dal fornitore devono essere tali da non falsare la misura dell’adempimento.

Solo di recente il legislatore italiano, recependo la già citata Direttiva CE/32/06, attraverso il (D. Lgs. n.115 2008), ha introdotto anche la nozione normativa del contratto di EPC (o, come lo chiama il legislatore italiano, contratto di rendimento energetico), definendolo 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” (D. Lgs. n.115 2008).

Come si vede, la norma individua essenzialmente il meccanismo contrattuale, incentrato sostanzialmente sulla performance, senza provvedere però ad una tipizzazione rigorosa attenta alla prassi e utile alla concreta regolamentazione degli interessi in gioco. L’EPC, dunque, è un contratto nominato nel nostro ordinamento, in quanto previsto dal legislatore; tuttavia è un contratto atipico, poiché privo di un compiuta disciplina legislativa.

In effetti, sembra proprio che il legislatore abbia intenzionalmente affidato alla piena autonomia contrattuale delle parti la regolamentazione del rapporto, al fine di renderlo quanto più congruo all’assetto di interessi concretamente perseguito dalle parti, ferma restando, naturalmente l’applicazione dei principi generali in materia di obbligazioni e contratti.

La formazione del contratto di efficienza energetica rappresenta, perciò, una fase delicata. La fase propedeutica alla stipula del contratto, ovvero la fase progettuale, assume un’importanza centrale, in quanto dalla bontà del progetto dipende la riuscita dell’intervento di riqualificazione; ma la fase della stipula, o meglio, della redazione del contratto è altrettanto importante, in quanto le variabili (anche esecutive) degli interventi di riqualificazione sono tante e tali da dover essere puntualmente definite in sede di regolamentazione contrattuale, che dovrà essere quanto più possibile modulata al tipo di intervento da realizzare sulla base del progetto approvato.

L’Energy Performance Contract (EPC) è senza dubbio lo strumento che sintetizza l’operatività di questi soggetti. La definizione del contratto, di conseguenza, può dirsi coincidente con la definizione della stessa attività caratteristica delle ESCo.

Come detto quindi, la ESCo, dopo una fase preliminare di studio e analisi del sistema energetico nella sua globalità, individua l'intervento più opportuno al fine del conseguimento dell'efficienza e fissa un certo margine di risparmio conseguibile. Il rapporto contrattuale vede poi la ESCo obbligata alla cura ed al coordinamento di tutte le attività volte alla progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione dell'intervento individuato, attraverso l'assunzione su di sé del rischio tecnico e, a seconda delle diverse varianti, anche del rischio finanziario e della garanzia in senso tecnico-giuridico circa l'effettivo raggiungimento del livello di risultato ipotizzato.

La peculiarità del meccanismo contrattuale descritto sta nel fatto che la ESCO viene remunerata sulla base dei risultati effettivi che il cliente consegue attraverso l'implementazione e l'ammodernamento della tecnologia, degli impianti e delle strutture esistenti.

L'EPC si attua, dunque, normalmente utilizzando e combinando il meccanismo del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). È opportuno evidenziare sin d'ora come il FTT postuli essenzialmente la fornitura da parte di un terzo delle risorse necessarie alla realizzazione del progetto. Anche il FTT è stato recentemente definito dal legislatore in questi termini:

“accordo contrattuale che comprende un terzo, oltre al fornitore di energia e al beneficiario della misura di miglioramento dell'efficienza energetica, che fornisce i capitali per tale misura e addebita al beneficiario un canone pari a una parte del risparmio energetico conseguito avvalendosi della misura stessa. Il terzo può essere una ESCO”. (D. Lgs. n.115 2008)

In relazione alla ripartizione dei rischi, alla copertura del finanziamento ed alla remunerazione della ESCO, gli interventi di prestazione energetica possono dar luogo alle seguenti tipologie di EPC:

1. il First out, in cui è la ESCo stessa a fornire il capitale oppure ricorre a finanziatori terzi. Il contratto ha una durata che va dai 3 ai 5 anni ed è la ESCo godere pienamente dei benefici e i risparmi ottenuti, ripagando così il costo di investimento. La ESCo è proprietaria dell'impianto e delle opere realizzate fino alla scadenza del contratto e al termine di quest'ultimo lo diventerà il cliente, godendo pienamente del risparmio.
2. Lo Shared Savings, in cui la differenza sostanziale risiede nel fatto che le parti trovano un accordo sulla ripartizione della quota del risparmio, determinato dallo studio di fattibilità. La durata del contratto sarà più lunga (si va dai 5 ai 10 anni) in quanto solo una quota del risparmio contribuisce al recupero dell'investimento iniziale. Come nel modello First Out, la ESCO oltre al rischio tecnico inerente alla performance a cui è legata la sua remunerazione, assume anche il rischio finanziario.
3. Nel Guaranteed Savings il capitale viene fornito da un soggetto terzo diverso dalla ESCo e dal cliente, e sarà quest'ultimo a sottoscrivere il prestito, mentre la ESCo garantirà un minimo di risparmio a favore dell'utente, stabilito dallo studio di fattibilità. La garanzia del risparmio si esplica attraverso degli algoritmi che prevedono un indennizzo al cliente in caso di consumi maggiori rispetto a quelli garantiti. In caso contrario, la differenza positiva andrà a beneficio del cliente.
4. Nel Four Step si procede per step, iniziando con un'ottimizzazione della conduzione e manutenzione straordinaria (O&M) (1st step). I risparmi verranno utilizzati per interventi di efficientamento a basso costo (2nd step). A loro volta, i risparmi generati

dagli interventi di piccola taglia serviranno per implementare misure di taglia media (3rd step), e così discorrendo, i risparmi derivanti dalle tre fasi precedenti daranno la possibilità di realizzare interventi a lungo termine (4th step).

5. Un altro modello è detto Build-Own-Operate & Transfer (BOOT); secondo tale modello la ESCo progetta, costruisce, finanzia, ha la proprietà e si occupa della conduzione del nuovo impianto per un certo periodo di tempo fissato, al termine del quale trasferisce la proprietà al cliente. Il cliente è di solito un'impresa speciale costituita per uno specifico progetto o missione. Il contratto BOOT sta avendo una certa diffusione in Europa soprattutto per il finanziamento di impianti particolari; anche questa denominazione indica un tipo di contratto di Finanziamento Tramite Terzi.
6. Con il First in, la ESCo sarà proprietaria e responsabile degli impianti fino a scadenza contratto, oltre essere beneficiaria dei risparmi per tutta la durata contrattuale, che sarà stabilita in base al tempo di ritorno dell'investimento più l'utile dell'impresa, secondo le previsioni di risparmio energetico stabiliti precedentemente. Verrà perciò garantita una quota di riduzione della spesa energetica rispetto agli anni precedenti, e la durata di contratto sarà dai 7 agli 8 anni.
7. Con il modello Chauffage è la ESCo a gestire gli impianti e a pagare le bollette energetiche e le fatture dei combustibili per tutta la durata del contratto, ma con un corrispettivo fornito dal cliente pari alla spesa energetica che il cliente pagava prima dell'intervento, meno uno sconto pattuito. Il contratto può durare dai 20 ai 30 anni, per dare la possibilità di recuperare gli investimenti sugli impianti. Viene anche detto contratto a "servizio energia" o di "gestione calore" e si presta particolarmente per interventi effettuati dalla Pubblica Amministrazione.
8. Un contratto servizio energia "Plus", in particolare, deve prevedere la riduzione dell'indice di energia primaria per la climatizzazione invernale di almeno il 10 per cento rispetto al corrispondente indice riportato sull'attestato di certificazione, mediante la realizzazione degli interventi strutturali di riqualificazione energetica degli impianti o dell'involucro edilizio indicati nell'attestato di certificazione e finalizzati al miglioramento del processo di trasformazione e di utilizzo dell'energia. Per essere qualificato come contratto servizio energia Plus, un contratto deve inoltre includere l'installazione, laddove tecnicamente possibile, di sistemi di termoregolazione.

Attraverso questi servizi forniti delle ESCO il cliente non ha oneri finanziari, oltre al fatto che rischi tecnici e finanziari fanno capo alle ESCO stesse, le quali comunque sono formate da persone specializzati e competenti nel campo energetico.

Gli aspetti più critici sono dovuti all'alta precisione e valutazione del progetto, per stimare in modo corretto la formula e la durata del contratto.

Per quanto riguarda i vantaggi, l'EPC può risultare uno strumento utile per soggetti, pubblici o privati, che abbiano dovuto apportare delle migliorie dal punto di vista energetico e tecnologico, seppur in carenza di risorse finanziarie.

Non è del tutto corretto però affermare che gli interventi siano a costo zero: infatti se è vero che il capitale spesso provenga dalla ESCo, tuttavia il cliente, da una parte, non può fare personalmente interventi di efficientamento energetico sugli impianti per tutta la durata del

contratto, e dall'altro cede i risparmi futuri che ne derivano, ovvero il corrispettivo contrattuale.

Risulta quindi che l'EPC potrebbe avere varie potenzialità applicative ai fini della riqualificazione e gestione del patrimonio pubblico, e del suo efficientamento energetico. L'assenza di risorse rende sempre più frequente nella nostra Amministrazione il ricorso a formule contrattuali per la realizzazione di opere pubbliche attraverso capitale privato avente per oggetto la progettazione, la costruzione, la gestione o la manutenzione di un'opera pubblica o di pubblica utilità, oppure la fornitura di un servizio.

La P.A., prima dell'affidamento del contratto di EPC, procede con un rilievo per la verifica dello stato di fatto degli impianti su cui verrà effettuato l'intervento. Solo in seguito, le ESCo, previa gara, possono presentare le offerte e le loro proposte, quantificando la percentuale di risparmio da conseguire, specificando l'ammontare degli investimenti e soprattutto esplicitare il possibile risparmio economico da parte dell'amministrazione. Dopo attente valutazioni, l'amministrazione assegna l'incarico, stipulando il contratto di realizzazione dell'intervento con l'aggiudicatario. Lo schema delineato può essere accostato, per alcune caratteristiche comuni, a quello della concessione di costruzione e gestione o a quello della concessione di servizi.

In estrema sintesi, l'elemento differenziale decisivo (anche se non unico) consiste nella definizione del corrispettivo che, nell'EPC, com'è noto, è parametrato al risparmio energetico conseguito per effetto dell'intervento; nella concessione invece, il corrispettivo consiste nel diritto del concessionario di incamerare i proventi dello sfruttamento economico dell'attività che ne forma l'oggetto (eventualmente anche in associazione ad un contributo o prezzo riconosciuto dall'Amministrazione concedente).

2.2 Contratti in Partenariato pubblico-privato (PPP)

Le ESCo possono anche operare per mezzo di ulteriori forme di cooperazione come ad esempio il Partenariato pubblico-privato (PPP), per realizzare e gestire opere infrastrutturali o fornire servizi di interesse pubblico. La legge delega n.11 del 28 Gennaio 2016 prevede studi di fattibilità, commissionati su indicazione delle stesse pubbliche amministrazioni, su modalità, tempistiche e risorse da investire prima di porre a gara il progetto “cooperativo” considerandone aspetti tecnici, sociali, ambientali del progetto.

La predetta legge prevedeva, altresì, l’acquisizione preventiva di pareri, atti di assenso e autorizzazioni prima della fase di aggiudicazione, al fine di evitare revoche, annullamenti e ogni forma giuridica o fattuale di “ripensamento” che possa tradursi in perdita di risorse, denaro e chance per i partners coinvolti.

Gli obiettivi della Legge Delega mirano ad evitare un costo ingente a causa di una pianificazione errata e, rendendo tutti i documenti pubblici, si cerca di ovviare a inutili rallentamenti dovuti a

Il Nuovo Codice Appalti (D.lgs. n. 50/2016), disciplina il «contratto di partenariato pubblico privato», come il contratto a titolo oneroso «stipulato per iscritto con il quale una o più stazioni appaltanti conferiscono a uno o più operatori economici per un periodo determinato in funzione della durata dell’ammortamento dell’investimento o delle modalità di finanziamento fissate, un complesso di attività consistenti nella realizzazione, trasformazione, manutenzione e gestione operativa di un’opera in cambio della sua disponibilità, o del suo sfruttamento economico, o della fornitura di un servizio connesso all’utilizzo dell’opera stessa, con assunzione di rischio secondo modalità individuate nel contratto, da parte dell’operatore».

Ne consegue quindi una nuova tipologia contrattuale aperta stipulabile tra soggetti pubblici e privati, in cui è previsto l’affidamento e il finanziamento da parte di privati, oltre che la progettazione e lo studio di fattibilità economica.

Il Codice rivela inoltre che i ricavi di gestione dell’operatore economico possano provenire da qualsiasi contropartita economica pattuita in sede di definizione del contratto. Si definiscono, quindi, opere in cui la funzione sociale è predominante, per cui non è possibile stabilire delle tariffe, e opere che hanno una rilevanza imprenditoriale tale per cui è possibile attendere un ritorno economico in modo da ammortizzare il costo dell’investimento.

Nel Codice viene inoltre messo in evidenza come il rischio finanziario viene distribuito tra pubblico e privato, mentre fanno capo all’operatore economico il rischio di costruzione, di disponibilità e di domanda dei servizi resi, ad esclusione di incidenti non imputabili all’operatore stesso.

L’ultimo comma dell’articolo in esame include nella tipologia dei contratti di PPP: la finanza di progetto, la concessione di costruzione e gestione, la concessione di servizi, la locazione finanziaria di opere pubbliche, il contratto di disponibilità e qualunque altra procedura di realizzazione di partenariato in materia opere o servizi che presentino le caratteristiche proprie dei contratti di PPP.

Per ciò che concerne le procedure di affidamento dei contratti di PPP, è previsto che la scelta dell'operatore economico avvenga con procedure ad evidenza pubblica, incluso il dialogo competitivo

È stabilito inoltre – salvi i casi in cui l'affidamento abbia ad oggetto anche la progettazione – che le amministrazioni aggiudicatrici provvedano all'affidamento dei contratti ponendo a base di gara il progetto definitivo e uno schema di contratto e di piano economico finanziario, che diano evidenza della corretta allocazione dei rischi tra le parti e la sostenibilità economico-finanziaria, e che effettuino il monitoraggio costante sull'attività del partner privato, sulla base di Linee Guida, che dovranno essere adottate dall'Anac entro un tempo prestabilito dalla legge, su parere del Ministro dell'Economia e delle Finanze (D.lgs. n. 50/2016).

3. Riferimenti normativi

3.1 Inquadramento normativo del Conto Termico

Il Conto Termico è un meccanismo di incentivazione che favorisce interventi per l'incremento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili per impianti di piccole dimensioni. I beneficiari sono principalmente le Pubbliche amministrazioni, ma anche imprese e privati, che potranno accedere a fondi per 900 milioni di euro annui, di cui 200 destinati alle PA.

Grazie al Conto Termico è possibile riqualificare gli edifici per migliorarne le prestazioni energetiche, riducendo in tal modo i costi dei consumi e recuperando in tempi brevi parte della spesa sostenuta. Recentemente, il Conto Termico è stato rinnovato rispetto a quello introdotto dal D.M. 28/12/2012 (Ministero dello Sviluppo Economico 2012). Con il D.M. 16/02/2016 (Ministero dello Sviluppo Economico 2016), infatti, è stato rinnovato e rivisto il meccanismo di incentivazione con un ampliamento delle modalità di accesso, dei contributi e dei Soggetti ammessi (sono ricomprese fra le PA anche le società in house e le cooperative di abitanti) e dei nuovi interventi di efficienza energetica. È stata inoltre rivista la dimensione degli impianti ammissibili e snellita la procedura di accesso diretto per apparecchi con caratteristiche già approvate e certificate (Catalogo).

3.1.1 Interventi incentivabili

Gli interventi incentivabili sono riportati nel Decreto (Ministero dello Sviluppo Economico 2016), suddivisi in due categorie. Nello specifico sono incentivabili gli interventi di incremento dell'efficienza energetica in edifici e unità immobiliari esistenti (art. 4, comma 1 del Decreto) e gli interventi di piccole dimensioni di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e di sistemi ad alta efficienza realizzati in edifici esistenti (art. 4, comma 2 del Decreto), come riassunto dal prospetto seguente.

Tabella 1- Categoria 1: interventi di incremento dell'efficienza energetica in edifici esistenti

Categoria	Sigla	Tipologia di intervento	Riferimenti Decreto
<i>1 - interventi di incremento dell'efficienza energetica in edifici esistenti parti di essi o unità immobiliari esistenti</i>	1.A	Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato	Art. 4, comma 1, lettera a)
	1.B	Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato	Art. 4, comma 1, lettera b)
	1.C	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione	Art. 4, comma 1, lettera c)
	1.D	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da ESE a O, fissi o mobili, non trasportabili	Art. 4, comma 1, lettera d)
	1.E	Trasformazione in "edifici a energia quasi zero"	Art. 4, comma 1, lettera e)
	1.F	Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne esistenti	Art. 4, comma 1, lettera f)

		con sistemi di illuminazione efficienti	
1.G		Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore	Art. 4, comma 1, lettera g)

Tabella 2- Categoria 2: interventi di piccole dimensioni di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e di sistemi ad alta efficienza

Categoria	Sigla	Tipologia di intervento	Riferimenti Decreto
<i>2 - interventi di piccole dimensioni di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e di sistemi ad alta efficienza in edifici esistenti parti di essi o unità immobiliari esistenti</i>	2.A	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzanti pompe di calore elettriche o a gas, anche geotermiche (con potenza termica utile nominale fino a 2000 kW _{th})	Art. 4, comma 2, lettera a)
	2.B	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale o di riscaldamento delle serre esistenti e dei fabbricati rurali esistenti con generatori di calore alimentati da biomassa (con potenza termica nominale fino a 2000 kW _{th})	Art. 4, comma 2, lettera b)
	2.C	Installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di solar cooling (con superficie solare lorda fino a 2500 m ²)	Art. 4, comma 2, lettera c)
	2.D	Sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a pompa di calore	Art. 4, comma 2, lettera d)
	2.E	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con sistemi ibridi a pompa di calore	Art. 4, comma 2, lettera e)

3.1.2 Soggetti Ammessi e Soggetti Responsabili

Sono definiti Soggetti Ammessi coloro che beneficiano degli incentivi, a patto che:

1. Siano titolari di diritto di proprietà dell'edificio/immobile dove l'intervento deve essere realizzato;
2. Abbiano la disponibilità dell'edificio//immobile ove l'intervento deve essere realizzato, in quanto titolari di altro diritto reale o di diritto personale di godimento.

I Soggetti Ammessi previsti dal Decreto del nuovo Conto Termico sono:

- Le Pubbliche amministrazioni, inclusi gli ex Istituti Autonomi Case Popolari, le cooperative di abitanti iscritte all'Albo nazionale delle società cooperative edilizie di abitazione e dei loro consorzi costituiti presso il Ministero dello Sviluppo Economico,

nonché le società a patrimonio interamente pubblico e le società cooperative sociali iscritte nei rispettivi albi regionali.

- I Soggetti privati.

Il Soggetto Responsabile è la persona fisica o giuridica che:

- Ha sostenuto direttamente le spese per la realizzazione dell'intervento;
- Presenta istanza di riconoscimento degli incentivi al GSE, l'Ente che regola e monitora il meccanismo incentivante;
- Stipula il contratto con il GSE e riceve gli incentivi;
- È tenuto a conservare per tutta la durata dell'incentivo e per i successivi 5 anni, la documentazione riportata nel Decreto, necessaria al GSE per effettuare qualsiasi controllo.

I Soggetti Ammessi possono richiedere l'accesso ai meccanismi di incentivazione direttamente o tramite una ESCO: le Pubbliche amministrazioni dovranno sottoscrivere un contratto di prestazione energetica, i Soggetti privati un contratto di servizio energia. Nello specifico, dal 19 luglio 2016 possono presentare richiesta di incentivazione al GSE solamente le ESCO in possesso della certificazione, in corso di validità, secondo la norma (UNI CEI 11352 2014).

Infine, viene introdotta la figura del Soggetto Delegato, ovvero la persona fisica o giuridica che opera, tramite delega, per il Soggetto Responsabile sulla piattaforma del *Portaltermico*, predisposta dal GSE.

3.1.3 Modalità di accesso e incentivi

L'accesso agli incentivi può avvenire attraverso due modalità:

- tramite Accesso Diretto: la richiesta deve essere presentata entro 60 giorni dalla fine dei lavori, data che non deve superare i 90 giorni dall'ultimo pagamento.

Nel caso di realizzazione di più interventi, la data di riferimento da considerare è quella di conclusione dell'ultimo intervento.

È previsto un iter semplificato per gli interventi riguardanti l'installazione di apparecchi di piccola taglia (per generatori fino a 35 kW e per sistemi solari fino a 50 m²) nel caso di installazione di componenti con caratteristiche garantite che sono contenuti nel Catalogo degli apparecchi domestici, pubblicato e aggiornato periodicamente dal GSE.

- tramite Prenotazione: per gli interventi ancora da realizzare, esclusivamente nella titolarità delle PA o delle ESCO che operano per loro conto, è possibile prenotare l'incentivo prima ancora che l'intervento sia realizzato e ricevere un acconto delle spettanze all'avvio dei lavori, mentre il saldo degli importi dovuti sarà riconosciuto alla conclusione dei lavori, in maniera analoga a quanto previsto per la modalità in Accesso Diretto.

Per la prenotazione dell'incentivo, le PA possono presentare una domanda a preventivo, trasmettendo al GSE uno dei seguenti set di documenti:

- una Diagnosi Energetica e un atto amministrativo attestante l'impegno alla realizzazione di almeno un intervento tra quelli indicati nella Diagnosi Energetica stessa;

- un contratto di prestazione energetica stipulato tra la PA e una ESCO oppure copia del contratto stipulato per l'affidamento, a seguito di gara, del servizio energia pertinente all'intervento proposto;
- un provvedimento o un atto amministrativo attestante l'avvenuta assegnazione dei lavori con il verbale di consegna dei lavori stessi.

Sia la domanda presentata in accesso diretto che quella mediante prenotazione sono valutate dal GSE secondo le disposizioni dei procedimenti amministrativi regolati dalla (Legge n.241 1990).

3.1.4 Erogazione degli incentivi

L'erogazione degli incentivi avviene una volta trascorsi 30 giorni successivi al bimestre in cui ricade la sottoscrizione della scheda-contratto.

Il limite massimo per l'erogazione degli incentivi in un'unica rata è di 5.000 euro, escluso il caso di richiesta di incentivi da parte delle PA, anche per il tramite di una ESCo. La corrispondenza dell'incentivo in un'unica rata è un fattore molto importante, rendendo appetibile l'intervento per una ESCo in quanto migliora due indici economici che verranno trattati in seguito: il TIR (o IRR) tasso di rendimento interno e il tempo di ritorno dell'investimento (PBT). Per i Privati, nel caso di superamento di questa soglia di 5000 euro, l'erogazione viene effettuata tramite rate annuali, 2 in caso di sostituzione di generatori di calore con potenza nominale inferiore a 35 kW (esclusi i generatori di calore a condensazione) o installazione di collettori solari termici, con superficie minore di 30 m², 5 per i restanti interventi.

Per quanto riguarda l'accesso agli incentivi su prenotazione, l'erogazione degli incentivi viene effettuata in 2 rate, una di acconto al momento della comunicazione dell'avvio dei lavori e una in seguito alla comunicazione della conclusione dei lavori. L'importo della rata iniziale sarà pari al 50% del beneficio riconosciuto, se la durata dell'incentivo è pari a 2 anni. Sarà pari ai due quinti nel caso di durata dell'erogazione dell'incentivo per un periodo di 5 anni.

3.1.5 Cumulabilità degli incentivi

L'ammontare del beneficio complessivo non può superare il 65% delle spese sostenute per realizzare l'intervento.

Nell'art. 12, il decreto (Ministero dello Sviluppo Economico 2016) prevede la cumulabilità con altri incentivi nel rispetto delle norme vigenti per gli aiuti di Stato:

- non possono essere riconosciuti gli incentivi previsti dal Decreto, a tutti quegli interventi per la cui realizzazione sono stati concessi altri incentivi statali;
- nel caso di beneficio dovuto ad incentivi non statali, e quindi cumulabili, gli interventi che sono ammessi agli incentivi previsti dal Decreto, devono rispettare le norme di cui sopra, che regolano l'ammontare complessivo degli incentivi concessi.
- Limitatamente per gli edifici pubblici ad uso pubblico, gli incentivi previsti dal Decreto sono cumulabili con incentivi in conto capitale, statali e non statali, nel limite di un ammontare massimo pari al 100% delle spese sostenute. (Presidente della Repubblica 1993)

3.2 Altri riferimenti normativi

DIRETTIVE EUROPEE			
	Dir. Eu. 2012/27/UE	Direttiva Europea sull'efficienza energetica	<i>Modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE</i>
LEGGI ITALIANE			
	D.Lgs 115/08	Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici	Decreto con cui si promuove la diffusione dell'efficienza energetica in tutti i settori. È introdotta e definita la diagnosi energetica. Decreto abrogato dal D.Lgs 102/14
NORME TECNICHE			
	Norma UNI EN ISO 13790:2008	Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento	Questa Norma fornisce dei metodi di calcolo per la valutazione del fabbisogno di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento degli ambienti di edifici residenziali e non residenziali, o di una parte degli stessi.
	Specifiche tecniche UNI/TS 11300- 1:2008	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale	La specifica tecnica definisce le modalità per l'applicazione della UNI EN ISO 13790 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento. La specifica tecnica è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790 ed in particolare per quanto riguarda la valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard.
	Specifiche tecniche UNI/TS 11300- 2:2014	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria	La specifica tecnica fornisce dati e metodi per la determinazione: del fabbisogno di energia utile per acqua calda sanitaria; dei rendimenti e dei fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari dei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua

			calda sanitaria; dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'acqua calda sanitaria.
	UNI CEI EN 16212:2012	Calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica - Metodi top-down (discendente) e bottom-up (ascendente)	La norma ha lo scopo di fornire un approccio generale per i calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica utilizzando metodologie standard. L'impostazione della norma permette l'applicazione ai risparmi energetici negli edifici, nelle automobili, nei processi industriali, ecc. Il suo campo d'applicazione è il consumo energetico in tutti gli usi finali.
	Norma UNI EN ISO 10077-1:2007	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità	La norma specifica i metodi di calcolo della trasmittanza termica di finestre e porte costituite da vetrate o pannelli opachi inseriti in telai con o senza chiusure oscuranti.
	Norma UNI EN ISO 6946:2008	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo	La Norma fornisce il metodo per il calcolo della resistenza termica e della trasmittanza termica dei componenti e degli elementi per edilizia, escluse le porte, le finestre e altre parti vetrate, le facciate continue, i componenti che implicano uno scambio termico con il terreno ed i componenti percorsi dall'aria di ventilazione.
	Norma UNI EN ISO 15316:2008	Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto	La norma definisce lo schema per il calcolo dell'energia utilizzata dagli impianti per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria negli edifici. Il metodo di calcolo facilita l'analisi energetica dei diversi sottosistemi dell'impianto di riscaldamento, incluso il controllo (emissione, distribuzione, accumulo,

			generazione), attraverso la determinazione delle perdite di energia e dei relativi fattori di rendimento. Questa analisi del rendimento consente la comparazione fra sottosistemi diversi e consente di valutare l'impatto di ciascun
	Norma UNI EN ISO 10349:1994	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici	Fornisce i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione e la verifica sia degli edifici sia degli impianti tecnici per il riscaldamento ed il raffrescamento.
	Norma UNI 10335:1994	Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo	Fornisce i valori delle resistenze termiche unitarie relative alle tipologie di murature e solai maggiormente diffuse in Italia.
	Norma UNI EN ISO 14683:2008	Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento	La Norma specifica dei metodi semplificati per la determinazione del flusso di calore attraverso i ponti termici lineari che si manifestano alle giunzioni degli elementi dell'edificio.

4. Descrizione generale del modello

Il modello è stato realizzato su di un foglio Excel tramite l'omonimo servizio di Microsoft, sfruttando la versatilità dei fogli di calcolo. Il modello prevede, tramite l'inserimento di opportuni parametri di input, la riqualificazione totale o parziale dell'impianto di riscaldamento attraverso una verifica dell'esatto dimensionamento del generatore di calore da sostituire e un dimensionamento preliminare del nuovo generatore, verificando i requisiti necessari ad ottenere il Conto Termico. Tra gli interventi trattati, infatti, quello che prevede la sostituzione con un generatore di calore a gas a condensazione, può ottenere l'incentivo solo se effettuato dalle PA o dalle ESCo che operano per loro conto.

I parametri di input sono i seguenti:

- Dati climatici e di collocazione geografica;
- Dati termofisici dell'involucro e tipologia di utenza;
- Dati riguardanti l'impianto ANTE-operam, ovvero quello da sostituire, e terminali di emissione in ambiente presenti;
- Parametri standard e parametri manuali.

Il pre-dimensionamento viene effettuato sul fabbisogno in potenza per riscaldamento e, ove previsto, di acqua calda sanitaria (in seguito ACS), tenendo conto di due indici specifici illustrati nel capitolo dedicato ai dati di input geometrici.

Un intervento non prevede, però, solo la sostituzione del generatore di calore, ma potrebbe rendersi necessaria la sostituzione di altri componenti necessari ad una riqualificazione che porti i maggiori vantaggi possibili in termini di energia risparmiata e, ovviamente, di costi sostenuti. Si è quindi condotta un'analisi che prevede una riqualificazione dell'intero impianto in modo da massimizzare il risparmio, considerando i componenti che incidono maggiormente sul costo totale. Successivamente si è considerata la parte economica, integrando il modello con dei cataloghi riguardanti i listini prezzi di generatori e dei componenti a loro associati. Sono inoltre stati ricavati degli andamenti di prezzo in funzione della potenza installata di ulteriori componenti come la manodopera termica, elettrica la realizzazione della canna fumaria, tubazioni, valvole. Tutti i prezzi indicati sono da intendersi IVA esclusa, anche se è possibile includere in seguito sia eventuali sconti su ciascun componente che l'IVA, sul prezzo totale.

Per ogni intervento vengono riportati, in una tabella simile a quella del computo metrico estimativo, tutti i componenti che verrebbero aggiunti o sostituiti nella centrale termica. Un esempio è costituito da circolatori a numero di giri variabile oppure l'addolcitore, componente fondamentale nel caso in cui il generatore di calore dovesse soddisfare anche la domanda di ACS. La tabella riporta nelle colonne il nome del componente, il numero di unità, il prezzo unitario e lo sconto, eventualmente applicato dal produttore. In questo modo si ha una panoramica dei diversi componenti e il costo totale dell'intervento.

In seguito, viene calcolato l'incentivo per ogni intervento, tramite il giusto algoritmo secondo quanto previsto dal decreto.

Segue poi un'analisi di fattibilità economica attraverso gli indicatori di redditività Net Present Value (NPV), Internal Return Rate (IRR) e Return On Investment (ROI). Attraverso i grafici

riportati di seguito, risulta visibile quale degli interventi sia più significativo intraprendere o valutare più approfonditamente.

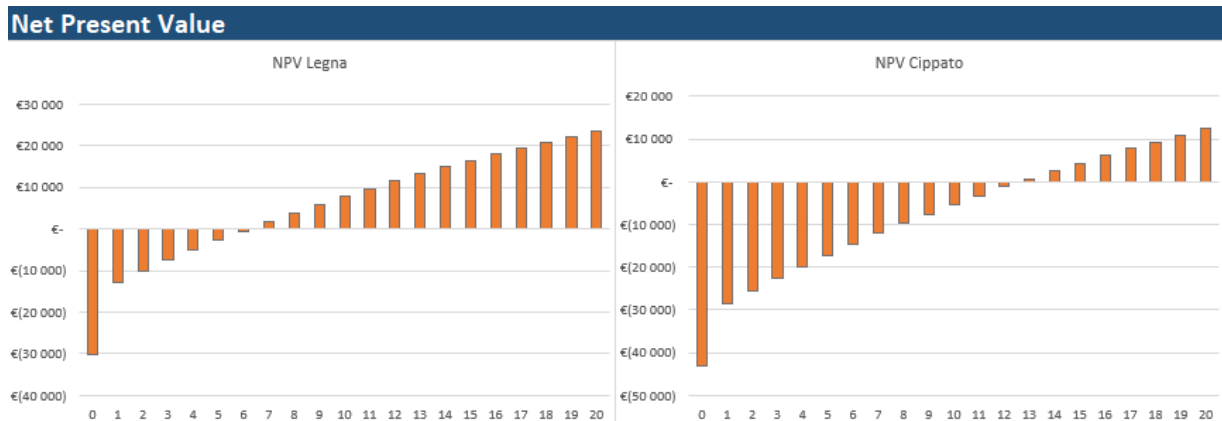


Figura 1 - Esempio di confronto tra sostituzione con caldaia a Legna e Cippato. Indicatore economico: Net Present Value

Nel capitolo seguente andremo ad approfondire meglio i dati di input da inserire nel modello.

5. Dati di input

Come anticipato, i dati di input sono quelli necessari perché il modello restituisca dei risultati attendibili. Nello specifico, la seguente è la schermata che bisogna completare:

Dati input	
Comune sede dell'intervento	Torino
Provincia	Torino
Zona climatica	E
Volumetria	6000
Tipologia di Utenza	E.7 Attività scolastiche;
Numero di piani fuori terra	4
Combustibile precedente	Gas
Impianto ANTE-intervento	Caldaia gas tradizionale
Locale per accumulo/CT presente?	
Consumi combustibile ANTE	25000.00 [Sm ³ /y]
Consumi elettrici ANTE	
Numero appartamenti	7
Ci sono cucine a gas o elettriche?	
ACS integrata?	
Consumo per riscaldamento	25000.00 [Sm ³ /y]
Potenza vecchio generatore NOTA	
Terminali presenti	Fan coils
Potenza vecchio generatore	174 [kW]
hr	1700 [h/y]
Rendimento vecchio generatore	79%
Quanti circuiti idraulici sono presenti	
Intervento di isolamento superfici opache	
È disponibile prezzo gas energia elettrica e biomassa	

Soggetto Ammesso	PA
------------------	----

GG standard	2617	Tabella Gradi Giorno per Comune
	7	
	189797.50	[kWh/y]
	233682	[kWh/y]

Inserimento manuale

Inserimento manuale

Figura 2 - Aspetto del modello: scheda dati input

Come mostrato in legenda le caselle in giallo sono quelle da completare, tramite scelta da elenco, oppure inserendo dei valori numerici. Inizialmente bisogna indicare di che tipo di Soggetto Ammesso si tratta, proprio perché, come previsto dal Decreto, la sostituzione con un generatore di calore a condensazione non è incentivato per Privati. Il calcolo viene comunque eseguito, ma l'incentivo dovuto al Conto Termico sarà nullo.

5.1 Dati climatici

Zone climatiche, GG e influenza sulla valutazione degli interventi e sul CT 2.0

I primi dati richiesti sono quelli che inquadrano a livello geografico la località in cui è prevista la realizzazione dell'intervento e quindi i relativi dati standard, quali la zona climatica e i gradi giorno.

Il territorio nazionale italiano è diviso in 6 fasce o zone climatiche secondo quanto previsto dal (D.P.R. n. 112 1993). Ciascuna zona è caratterizzata da parametri come la data di inizio e fine del periodo di riscaldamento, le ore giornaliere in cui gli impianti di riscaldamento possono essere accesi e i gradi-giorno. In particolare, questi ultimi sono definiti, come la sommatoria, estesa al numero di giorni convenzionali di riscaldamento, delle sole differenze di temperatura positive, tra temperatura interna di set-point (20°C) e la temperatura media esterna. Questo parametro rappresenta quindi un indice quantitativo del periodo di riscaldamento e dell'energia necessaria per il periodo riscaldamento. In base ai gradi giorno, indicati con il simbolo GG, è stata effettuata la suddivisione in zone climatiche come riportato nella seguente tabella:

Tabella 3 - Suddivisione in fasce climatiche secondo il (D.P.R. n. 112 1993)

Fascia	Da [GG]	A [GG]	Ore giornaliere	Data inizio	Data fine	Numero comuni
A	0	600	6	1° dicembre	15 marzo	2
B	601	900	8	1° dicembre	31 marzo	157
C	901	1400	10	15 novembre	31 marzo	985
D	1401	2100	12	1° novembre	15 aprile	1575
E	2101	3000	14	15 ottobre	15 aprile	4222
F	3001	+∞	nessuna limitazione (<i>tutto l'anno</i>)			1048

Dai dati geografici relativi alla località si risale alle ore equivalenti di attività dell'impianto, dato normalmente difficile da reperire, ma che permette di effettuare in prima approssimazione le valutazioni in campo energetico come fabbisogno annuo per riscaldamento. Le ore di attività annue si ricavano dal seguente prospetto, fornito dal Decreto per determinare gli incentivi riguardanti la sostituzione con impianti a biomassa o pompe di calore.

Tabella 4 - Coefficiente di utilizzo per ogni zona climatica - [Tabella 10 – Allegato II - DM 16.02.16]

Zona climatica	Coefficiente di utilizzo, hr [h/y]
A	600
B	850
C	1100
D	1400
E	1700
F	1800

Come già detto precedentemente si tratta di dati standard, che quindi sono suscettibili di variazioni anche significative. Per il grado di precisione di cui necessitiamo in questa fase, gli errori che ne derivano sono trascurabili.

5.2 Dati dell'edificio e tipologia di utenza

I dati richiesti successivamente dal modello riguardano il tipo di utenza e alcune caratteristiche geometriche dell'edificio oggetto dell'intervento. La tipologia di utenza è utile soprattutto perché il costo del combustibile può cambiare anche in maniera notevole a seconda che si tratti di un'attività commerciale o un privato oppure di un'utenza industriale. Il costo varia anche in base ai consumi, come riportato dal seguente prospetto, reperito sul sito dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente (ARERA):

Tabella 5 - Prezzi medi (c€/m³) di vendita al mercato finale al dettaglio al netto delle imposte, divisi secondo scaglioni di consumo, Anno 2017. [Fonte ARERA]

SETTORE	Consumi fino a 5.000 m ³	Consumi tra 5.000 e 50.000 m ³	Consumi tra 50.000 e 200.000 m ³	Consumi tra 200.000 e 20.000.000 m ³	Consumi tra 2.000.000 e 20.000.000 m ³	Consumi da 20.000.000 m ³
Domestico	52.04	42.43	36.96	33.32	26.62	-
Condominio uso domestico	49.67	44.17	41.28	35.95	30.77	-
Attività di servizio pubblico	51.32	39.55	35.22	29.27	23.74	-
Commercio e servizi	52.86	43.17	35.80	27.67	24.43	25.34
Industria	53.92	42.12	34.29	25.87	22.64	22.54
Generazione elettrica	51.95	39.82	29.01	24.90	24.28	25.27
Totale	52.10	43.07	36.25	26.78	23.01	24.25

Ulteriori dati richiesti riguardano la volumetria, il numero di piani fuori terra e se il generatore soddisfa anche la domanda di ACS. Quest'ultimo quesito è utile per capire se la produzione di ACS è integrata o, contrariamente, se è affidata ad altri apparecchi dedicati (boiler elettrici, a gas o altri sistemi).

La volumetria è un dato geometrico utile, nella nostra analisi, per il calcolo del fabbisogno di energia termica e per ACS (se presente) e quindi per il dimensionamento del generatore, utilizzando degli indici specifici di potenza che sono risultati cautelativi sul campo, in sede di verifiche di corretto dimensionamento degli impianti.

Tabella 6 - Indici specifici di fabbisogno in potenza

Riscaldamento	29	W/m ³	Dato IREN
ACS	12	W/m ³	Dato IREN

Questi valori si riferiscono a edifici in condizioni di isolamento medio dell'involucro. Per edifici di nuova costruzione saranno inferiori a quelli riportati e, viceversa, superiori per edifici storici.

Il numero di piani fuori terra è un parametro cui si è fatto riferimento nel dimensionamento della canna fumaria per avere un'idea della lunghezza e quindi del costo del materiale.

5.3 Impianto da sostituire e consumi

Analisi dei consumi (se le bollette sono presenti, altrimenti spesa storica) e dell'impianto da sostituire (P_{th}, rendimento, ore di funzionamento)

Continuando nella sezione dati di input, vengono richiesti alcuni dati di targa del generatore e i consumi di combustibile, se disponibili, prima dell'intervento.

Per quanto riguarda il generatore, bisogna selezionare dapprima il combustibile, dal menu a tendina, come riportato nell'immagine seguente:

Combustibile precedente	Gas
Impianto ANTE-intervento	Gas
Locale per accumulo/CT presente?	Gasolio
Consumi combustibile ANTE	GPL
Consumi elettrici ANTE	Legna
Numero appartamenti	Pellet
	Cippato
	Elettricità

Figura 3 - Esempio di interazione con il modello per la scelta del combustibile utilizzato prima dell'intervento

Una volta effettuata la scelta, la richiesta successiva riguarda il tipo di generatore, graficamente molto simile all'immagine precedente. La scelta sarà differenziata a seconda del combustibile, come sintetizzato di seguito:

- Gas
 - Caldaia a gas tradizionale;
 - Caldaia a gas a condensazione
- Gasolio
 - Caldaia a gasolio
- GPL
 - Caldaia a GPL
- Legna
 - Caldaia a legna
- Cippato
 - Caldaia a cippato
- Pellet
 - Caldaia a pellet
- Elettricità
 - Pompe di calore

Il modello permette il calcolo con ciascun combustibile ma, come vedremo nei casi studio, quelli più interessanti sono costituiti da sostituzione di caldaie a gas, a GPL o gasolio, anche e soprattutto a causa dei costi, che sono riportati di seguito:

Tabella 7 - Prezzi e potere calorifico dei combustibili considerati (DGSAIE 2017)

Combustibile	Potere calorifico	U.d.M	Costo specifico standard	U.d.M	Valore manuale (se disponibile)
Legna	4	kWh/kg	0.04	€/kWh	
Cippato	3.4	kWh/kg	0.035	€/kWh	
Pellet	4.6	kWh/kg	0.04	€/kWh	
Elettricità	1	kWh	0.19	€/kWh	
Gas	9.61	kWh/Sm ³	0.07	€/kWh	
GPL	6.82	kWh/l	0.099	€/kWh	
Gasolio	10.7	kWh/l	0.119	€/kWh	

Come si nota, se sono noti i prezzi da fatture o bollette, è possibile inserire il valore manualmente nella colonna apposita perché venga considerato nel calcolo.

Successivamente sono richiesti la potenza e il rendimento del generatore di calore da sostituire, che è possibile inserire manualmente oppure è possibile usare dei valori stagionali standard per quanto riguarda il solo rendimento, analogamente a quanto fatto per il costo del combustibile.

Tabella 8 - Valori dei rendimenti stagionali standard da usare se non è noto il rendimento stagionale del generatore da sostituire

	Rendimenti Standard Stagionali	Valori manuali
Caldaia gas tradizionale	80%	
Caldaia gas a condensazione	94%	
Caldaia a GPL	80%	
Caldaia a Gasolio	80%	
Caldaia a Biomassa	75%	
Pompe di calore	250%	

Come si nota dalla Tabella 8, il primo dato che cattura l'attenzione riguarda il rendimento delle pompe di calore, o meglio il COP. Il coefficiente di prestazione COP delle pompe di calore non è un valore costante ma dipende dalle condizioni in cui lavora la pompa di calore e soprattutto dai terminali di emissione dell'impianto esistente. Il COP della pompa di calore sarà tanto più alto quanto minore sarà la temperatura di mandata dell'impianto e quanto maggiore sarà la temperatura esterna dell'aria. Il COP stagionale, detto anche SCOP è stato scelto in base al tipo di terminali dell'impianto:

- Radiatori: COP=2.5
- Fan Coils: COP=3
- Pannelli radianti: COP=3.5

Ovviamente non si tratta del COP istantaneo, fornito dal costruttore, ma di una riduzione dello stesso dovuto alle temperature di esercizio e al fatto che la pompa di calore non performa al

massimo per tutto il periodo di riscaldamento, anzi, come detto precedentemente, più sarà rigida la stagione invernali e peggio lavorerà la pompa di calore.

Viene effettuato una verifica sul corretto dimensionamento del vecchio generatore, che normalmente in passato veniva sovrastimato, anche per assicurarsi che la potenza del nuovo generatore non sia maggiore del 10% di quella del generatore da sostituire. “Nei casi di sostituzione di un generatore di calore esistente che comporta un incremento della potenza ex ante di più del 10%, per gli interventi di categoria 2, è necessaria l’asseverazione da parte di un tecnico abilitato in merito al corretto dimensionamento del nuovo impianto rispetto ai fabbisogni energetici dell’edificio/unità immobiliare per la climatizzazione invernale o di riscaldamento della serra, anche se la potenza dell’impianto è inferiore a 35 kW” (Ministero dello Sviluppo Economico 2016).

Il numero di appartamenti e il numero di cucine concorrono a determinare la parte di consumo di solo riscaldamento, scorporando la quota dovuta alla cottura cibi, per i combustibili per cui ha senso fare questo discorso (gas naturale, GPL, gasolio, energia elettrica). È molto difficile determinare il consumo per uso cottura cibi, ma attraverso delle ragionevoli considerazioni si è giunti ad un valore abbastanza plausibile.

Nei moderni piani cottura abbiamo quattro fuochi: uno grande (3 kW), due medi (1.7 kW) e uno piccolo (1 kW). Quindi la potenza complessiva è pari alla somma delle potenze, pari a 7,4 kW. Assumendo di usare i fornelli 2 volte al giorno per 30 minuti, tutti i giorni si ottengono 365 h/anno di utilizzo. Introduciamo un fattore di contemporaneità X pari a 0,5 e secondo la seguente equazione:

$$\text{Consumo}[Sm^3/\text{anno}] = \frac{P_{th} \cdot h \cdot X}{PCI} = \frac{7.4 \cdot 365 \cdot 0.4[kWh/\text{anno}]}{9.61[kWh/Sm^3]} = 112 Sm^3/\text{anno}$$

Da questa valutazione viene fuori un consumo che oscilla tra i 100 e 200 Sm³/anno di gas per una famiglia di 4 persone. Per tenere conto di mense o ristoranti, in prima approssimazione si può considerare un numero equivalente di cucine. Tutto questo vale ovviamente se non si hanno a disposizione i consumi in bolletta, perché altrimenti si può decurtare dai consumi invernali quelli estivi, comprensivi normalmente di ACS e cottura cibi. Nel modello si sono implementate queste considerazioni da cui discendono i consumi dovuti al solo riscaldamento e ACS se integrata.

Nell’ottica di un dimensionamento preliminare di alcuni componenti, vengono richiesti ulteriori dati che è possibile determinare tramite rilievi se non addirittura da documentazione fotografica dell’impianto esistente. Alcuni di questi sono:

- Numero di circuiti idraulici presenti, in modo da determinare il numero di circolatori secondari da inserire nell’impianto;
- Tipo di terminali presenti, parametro utile per determinare il coefficiente di prestazione COP delle pompe di calore, che è variabile a seconda delle temperature di mandata e ritorno dell’impianto (70-80 °C per i radiatori, 40-50° per i fan coils, 35-40 per i pannelli radianti);
- Previsione di un intervento di isolamento delle superfici opache, che sommato all’intervento di sostituzione con generatore a condensazione, porta ad un incentivo del Conto Termico pari al 55% per entrambi gli interventi (step utilizzato in ottica di un ampliamento futuro del software).

6. Procedimento di calcolo

Nei seguenti capitoli verranno descritte le ipotesi e i calcoli effettuati nel modello, il quale restituisce i risultati che verranno discussi nel Capitolo 40.

6.1.1 Dimensionamento del nuovo generatore

Il calcolo parte dalla realizzazione di un catalogo unico per i generatori di calore in cui sono riportati alcuni dati di targa come:

- Modello;
- Potenza nominale;
- Rendimento medio stagionale (qualora non disponibile si è fatto riferimento al rendimento utile meno un 10%);
- Diametro raccordo fumi, utilizzato nel dimensionamento della canna fumaria;
- Coefficienti necessari al calcolo dell'incentivo del conto termico, caratteristici di ogni modello;
- Costo del generatore, utilizzato nell'analisi economica.

I produttori di riferimento sono Fröling per le caldaie a biomassa, Hoval per quelle a gas a condensazione e Maxa per le pompe di calore, reperiti dai cataloghi presenti in azienda. Questo lavoro si è reso necessario perché in seguito al dimensionamento, si è proceduto al confronto e alla scelta del modello di caldaia di taglia immediatamente superiore, cercando all'interno del catalogo. Il tutto viene ovviamente fatto automaticamente dal modello, in base ai parametri di input.

I primi calcoli riguardano il dimensionamento sulla base del fabbisogno in potenza, come già riportato precedentemente, secondo dei parametri funzione del tipo di isolamento. La formula utilizzata è quindi la seguente:

Equazione 1 - Potenza termica: calcolo per solo riscaldamento con il fabbisogno in potenza

$$P_{th} = \frac{29 [W/m^3] \cdot Volumetria[m^3]}{1000[W/kW]}$$

Equazione 2 - - Potenza termica: calcolo per riscaldamento e ACS con il fabbisogno in potenza

$$P_{th+ACS} = \frac{(29 + 12) [W/m^3] \cdot Volumetria[m^3]}{1000[W/kW]}$$

CALDAIA A LEGNA		
Descrizione	Dati/Valori	U.d.M
Tipologia combustibile	Legna	-
Alimentazione combustibile	Manuale	-
Modello caldaia	Froeling S4 Turbo 60	-
Potenza termica utile nominale		60 kW
Accumulo già presente		-
Volume Accumulo da Norma		2358 litri
È presente CT o un Locale per CT		
Coefficiente di valorizzazione dell'energia		0.02
Coefficiente premiante per emissioni		1.5

Figura 4 - Prospetto del dimensionamento del generatore

Una volta determinata la potenza, nella sezione Combustibili & Potenza, vengono riassunti in un prospetto i dati della caldaia con potenza termica superiore più vicina. Un'immagine esemplificativa è riportata di seguito

Come mostrato dalla Figura 4, una volta scelta la taglia corrispondente, viene riportato

1. il modello;
2. il tipo di alimentazione del combustibile;
3. la presenza di un serbatoio di accumulo (solo per gli interventi che prevedono sostituzione di generatore di calore a biomassa o pompe di calore);
4. la taglia dell'accumulo da norma;
5. i coefficienti premianti per le emissioni e di valorizzazione dell'energia.

6.1.2 Dimensionamento del serbatoio di accumulo

Vediamo ora come funziona il dimensionamento del serbatoio di accumulo. Il Decreto prevede un volume minimo di accumulo, per gli interventi di sostituzione con caldaia a biomassa e pompe di calore, per poter accedere all'incentivo, ma anche perché venga sfruttata al meglio la caldaia. Per quel che riguarda le caldaie ad alimentazione automatica il valore soglia richiesto corrisponde a 20 lt/kW per le caldaie a biomassa e 15 lt/kW per le pompe di calore. Per le caldaie ad alimentazione manuale, come quelle a legna, il decreto fa riferimento alla norma UNI EN 303-5 (UNI EN 303-5 2012), che definisce il volume minimo in funzione di diversi parametri, secondo la seguente equazione:

$$V_{sp} = 15 \cdot T_B \cdot P_u \cdot \left[1 - 0.3 \cdot \frac{Q}{P_{min}} \right]$$

Dove T_B è il tempo di combustione in ore, P_u la potenza utile, Q è il fabbisogno in potenza dell'edificio e P_{min} è la potenza minima in grado di erogare il generatore, mai minore del 30% di quella nominale. Quando non riportato dal produttore, si è considerata come potenza minima il 40% di quella nominale. Sulla base di queste informazioni però la formula è di difficile applicabilità, perché il tempo di combustione è un dato raramente fornito dal costruttore. Per questo si è fatto riferimento a requisiti tecnici di qualità che la legna deve soddisfare (contenuto idrico nel legno <20%) secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo n. 152 del 2006 e secondo la (UNI EN ISO 17225-2) per la certificazione del pellet utilizzato e utilizzando la seguente formula si può risalire al tempo di combustione:

$$T_B = \frac{PCI_{legna} \cdot M_v \cdot V_{carica}}{P_{th}}$$

Dove il PCI della legna è espresso in kWh/kg, la M_v è la massa volumica del legno espressa in kg/m³, V_{carica} rappresenta il volume di carica della caldaia. Il potere calorifico preso in considerazione è quello del legno di faggio, utilizzato nei test delle caldaie e quindi preso in considerazione nei calcoli. In realtà il potere calorifico varia in base al contenuto idrico del legno e nella sezione di dimensionamento dell'accumulo per le caldaie a biomassa, è possibile calcolare, partendo dal potere calorifico anidro, quello corrispondente al contenuto idrico desiderato, dimensionando in maniera corretta il volume minimo necessario.

In questo modo tutte le variabili sono note e il calcolo viene restituito per ciascuna caldaia (volume di caricamento e potenza differente) ogni volta che si aggiornano i valori di input.

6.1.3 Calcolo dell'incentivo

I coefficienti di valorizzazione dell'energia, sono dei coefficienti specifici di ogni caldaia, riportati nel Decreto (Ministero dello Sviluppo Economico 2016) e nelle sue regole applicative. Si riportano due tabelle che mostrano i valori di questi coefficienti nel caso dei generatori a biomassa e delle pompe di calore:

Tabella 9 - Pompe di calore elettriche: coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta [Tabella 7 - Allegato II - (Ministero dello Sviluppo Economico 2016)]

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	COP minimo	Denominazione commerciale	Potenza termica utile Pn	Coefficiente Ci (€/kWht)
aria/aria	3,9	split/multisplit	≤ 35 kWt	0,060
			> 35 kWt	0,045
		VRF/VRV	≤ 35 kWt	0,120
			> 35 kWt	0,045
aria/acqua	4,1	aria/acqua	≤ 35 kWt	0,110
	3,8		> 35 kWt	0,045
salamoia/aria	4,3	Geotermiche suolo/aria a circuito chiuso e sviluppo verticale	≤ 35 kWt	0,200
			35 kWt > Pn ≤ 1 MWt	0,075
			> 1 MWt	0,050
		Geotermiche suolo/aria a circuito chiuso e sviluppo orizzontale	≤ 35 kWt	0,175
			> 35 kWt	0,055
		Geotermiche suolo/aria con scambio a circuito aperto	≤ 35 kWt	0,160
			35 kWt > Pn ≤ 1 MWt	0,055
			> 1 MWt	0,045
salamoia/ acqua	4,3	Geotermiche suolo/acqua a circuito chiuso e sviluppo verticale	≤ 35 kWt	0,200
			35 kWt > Pn ≤ 1 MWt	0,075
			> 1 MWt	0,050
		Geotermiche suolo/acqua a circuito chiuso e sviluppo orizzontale	≤ 35 kWt	0,175
			> 35 kWt	0,055
		Geotermiche suolo/acqua con scambio a circuito aperto	≤ 35 kWt	0,160
			35 kWt > Pn ≤ 1 MWt	0,055
			> 1 MWt	0,045
acqua/aria	4,7	PdC ad acqua di falda/aria	≤ 35 kWt	0,160
			> 35 kWt	0,055
acqua/acqua	5,1	PdC ad acqua di falda/acqua	≤ 35 kWt	0,160
			> 35 kWt	0,055

Tabella 10 - Generatori a biomasse: coefficienti di valorizzazione dell'energia prodotta [Tabella 9 - Allegato II - DM 16.02.16]

Tipologia di intervento	Ci per gli impianti con potenza termica nominale inferiore o uguale a 35 kWt	Ci per gli impianti con potenza termica nominale maggiore di 35 kWt e inferiore o uguale a 500 kWt	Ci per gli impianti con potenza termica nominale maggiore di 500 kWt
Caldaie a biomassa	0,045 (€/kWht)	0,020 (€/kWht)	0,018 (€/kWht)
Termocamini e stufe a legna	0,040 (€/kWht)	-	-

Termocamini e stufe a pellet	0,040 (€/kWh)	-	-
-------------------------------------	---------------	---	---

Per la biomassa è presente anche un coefficiente premiante per le emissioni, riportato nelle tabelle 11 e 12 dell'Allegato II del Decreto (Ministero dello Sviluppo Economico 2016)

Tabella 11 - Caldaie a legna (escluso pellet): coefficiente premiante per le emissioni [Tabella 11 - Allegato II - (Ministero dello Sviluppo Economico 2016)]

Caldaie a legna (escluso il pellet)	
Particolato primario (PP) (*) (mg/Nm ³ rif. al 13% O ₂)	C_e
20 < Emissioni ≤ 30	1
15 < Emissioni ≤ 20	1,2
Emissioni ≤ 15	1,5

Tabella 12 - Caldaie a pellet: coefficiente premiante per le emissioni [Tabella 12 - Allegato II - (Ministero dello Sviluppo Economico 2016)]

Caldaie a pellet	
Particolato primario (PP) (*) (mg/Nm ³ rif. al 13% O ₂)	C_e
15 < Emissioni ≤ 20	1
10 < Emissioni ≤ 15	1,2
Emissioni ≤ 10	1,5

Questi coefficienti sono necessari al calcolo dell'incentivo che presenta un algoritmo diverso a seconda del combustibile dei generatori.

L'intervento che prevede la sostituzione del generatore con una caldaia a biomassa prevede dei vincoli sull'impianto ante-operam. Non tutti i generatori possono essere sostituiti godendo dell'incentivo, ma solo le caldaie alimentate dai seguenti combustibili:

- Gasolio;
- Olio combustibile;
- Biomassa;
- Carbone.

“Per i soli interventi effettuati in aree non metanizzate, esclusivamente dalle aziende agricole che effettuino attività agroforestale e dalle imprese operanti nel settore forestale, è ammessa agli incentivi la sostituzione di generatori di calore alimentati a GPL che abbiano requisiti tali da ottenere un coefficiente premiante riferito alle emissioni di polveri pari a 1,5” (Regole applicative 2016).

Per la biomassa l'algoritmo è il seguente:

$$I_{a,tot} = P_n \cdot h_r \cdot C_i \cdot C_e$$

Con P_n potenza nominale, h_r coefficiente di utilizzo. Ovviamente come prevede il Decreto (Ministero dello Sviluppo Economico 2016) il periodo di erogazione dipende dall'incentivo

totale che, se minore di 5000 €, corrisponde ad un'annualità (per le PA o le ESCo che operano per loro conto la rata è unica), due ($P \leq 35$ kW) o cinque ($P > 35$ kW) annualità in caso degli interventi appartenenti alla Categoria 2.

Per la sostituzione con pompe di calore, il calcolo dell'incentivo annuale è stabilito dal seguente algoritmo:

$$E_i = P_n \cdot h_r \cdot \left(1 - \frac{1}{\text{COP}}\right)$$

$$I_{a,tot} = E_i \cdot C_i$$

Dove E_i rappresenta l'energia prodotta annualmente e C_i , come per i generatori a biomassa, rappresenta il coefficiente di valorizzazione dell'energia. Anche per le pompe di calore, come per i generatori a biomassa, valgono le medesime considerazioni sul periodo di erogazione degli incentivi.

In nessun caso, l'incentivo totale previsto per i suddetti interventi può superare la quota del 65% delle spese ammissibili.

L'intervento di sostituzione di impianti di climatizzazione con generatori a gas a condensazione è incentivato, secondo il conto termico, solo per le PA o per le ESCo che operano per loro conto in quanto facente parte della Categoria 1 degli interventi previsti dal già citato Decreto. Contrariamente ai precedenti interventi, per quanto riguarda la sostituzione di generatori a gas a condensazione, l'algoritmo per il calcolo dell'incentivo dipende dalla taglia del generatore e del costo specifico, dato dal rapporto tra le spese sostenute ammissibili e la potenza in kW del generatore, come mostra la seguente equazione:

Equazione 3 - Generatore a gas a condensazione: algoritmo per il calcolo dell'incentivo

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot P_n \cdot C$$

La percentuale incentivata è pari al 40% in caso di realizzazione del solo intervento di sostituzione del generatore, ma sale al 55% nel caso di realizzazione combinata dell'intervento di sostituzione del generatore e di isolamento termico delle superfici opache. Ci sono però dei vincoli di soglia per questo intervento riepilogati nella seguente tabella:

Tabella 13 - Intervento di sostituzione generatori a gas a condensazione: limiti sull'importo incentivato (Ministero dello Sviluppo Economico 2016)

Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile C_{max}	Valore massimo dell'incentivo I_{max} [€]
Generatori di calore a condensazione con $P_{n,int} \leq 35$ kWt	160 €/kWt	3.000
Generatori di calore a condensazione con $P_{n,int} > 35$ kWt	130 €/kWt	40.000

Come illustrato, il calcolo dell'incentivo, in caso di superamento, viene effettuato con i valori di soglia stessi, a seconda della taglia del nuovo generatore.

6.1.4 Valutazione economica degli interventi

Dopo il prospetto, il modello riporta una tabella con il riepilogo dei componenti, il costo di ciascuno e l'eventuale sconto applicato dal produttore. In fondo alla tabella è riportato il costo totale dell'intervento, con o senza IVA (dipende se viene inserita la percentuale nella penultima voce), che rappresenta i costi ammissibili compresi di manodopera e pratiche varie.

È interessante capire come i costi di accessori e componenti sono stati ricavati. In linea di massima, tutti i componenti hanno un costo che dipende direttamente o indirettamente dalla taglia del nuovo generatore. Vediamo alcuni componenti.

Uno dei componenti che pesano di più nella riqualificazione delle centrali termiche è il circolatore, primario e secondario. La sostituzione di questo componente può essere un intervento da valutare in ottica del risparmio energetico soprattutto se il circolatore da sostituire non è del tipo a inverter quindi una pompa a numero di giri variabile. In questo caso abbiamo un notevole risparmio di energia elettrica, perché il nuovo circolatore lavorerà sempre in condizioni di massimo rendimento, soprattutto in caso di più circuiti idraulici presenti.

Per i circolatori, è stato quindi ricavato un andamento in base alla taglia con le seguenti ipotesi:

- Prevalenza costante pari a 8 mca (metri di colonna H₂O), per tenere conto delle diverse tipologie di utenza. Questo è un valore cautelativo che tiene conto delle perdite nel circuito, lineari e localizzate.
- ΔT tra circuito di mandata e di ritorno pari a 10 °C nel caso di terminali quali radiatori, altrimenti 5 °C;

Sapendo che l'acqua del circuito idraulico deve trasferire il calore prodotto dal generatore, dalla potenza è stata calcolata la portata d'acqua in m³/h attraverso la seguente equazione:

Equazione 4 - Potenza termica scambiato dal fluido

$$P_{th} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Equazione 5 - Portata volumetrica

$$\dot{V} = \frac{P_{th}[\text{kW}] \cdot 860 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right]}{1 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \cdot \Delta T[\text{K}] \cdot 1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}$$

Dove ciascuna grandezza è rappresentata con le relative unità di misura. Nello specifico la densità dell'acqua è pari a 1000 kg/m³ e il valore 1, come indicato dall'unità di misura, è il calore specifico dell'acqua. In questo modo si è ottenuto un andamento dei prezzi in funzione della potenza come mostrato nel grafico seguente:

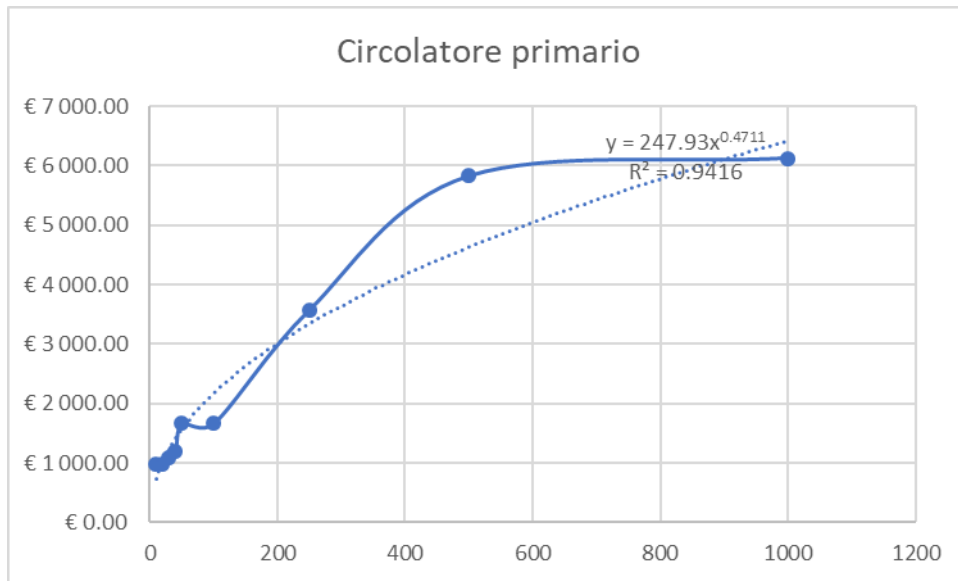


Figura 5 - Andamento dei prezzi in funzione della taglia del generatore. Range di potenza considerato 10-1000 kW, $\Delta T=5$ °C. Prezzi forniti da (Grundfos)

Per i prezzi si è fatto riferimento al sito del produttore (Grundfos). Il sito offre un software online che consiglia la pompa in base al tipo di applicazione, portata e prevalenza. Lo stesso discorso è stato effettuato per i circolatori secondari, che saranno in numero pari al numero di circuiti idraulici presenti (parametro richiesto in input dal modello nella sezione Dati Input).

Un discorso analogo è stato effettuato per manodopera termica ed elettrica. A differenza del caso precedente, si è fatta una valutazione delle ore di lavoro in base alla taglia del generatore da sostituire, dismissione e installazione del nuovo generatore, facendo le dovute considerazioni per ogni tipologia di generatore. Per la parte elettrica si è considerato il progetto e l'installazione del nuovo quadro elettrico. Di seguito, si riportano i grafici degli andamenti:

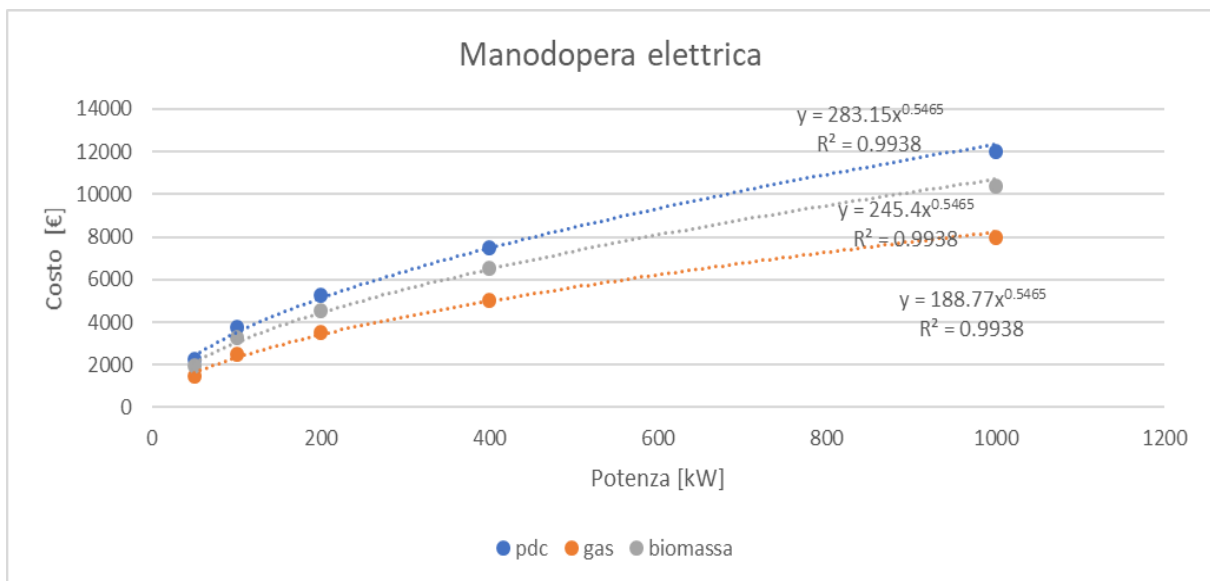


Figura 6 - Manodopera elettrica: andamento dei prezzi in funzione della taglia del generatore.

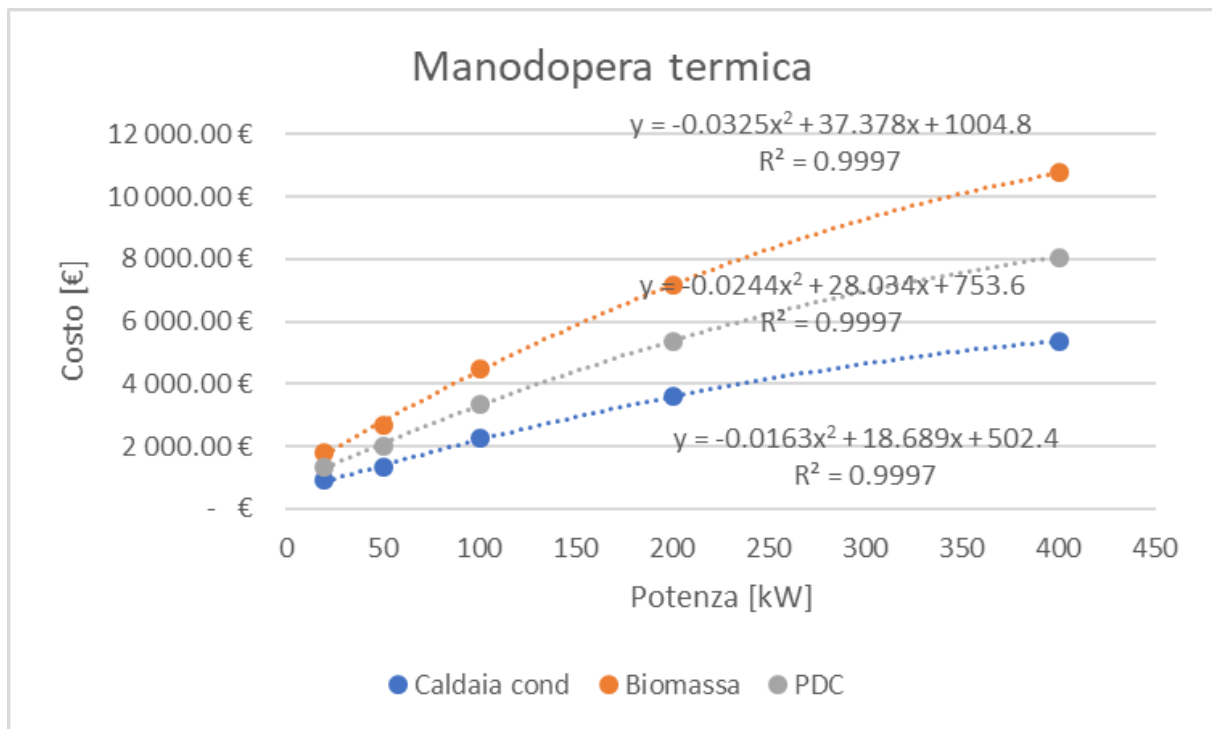


Figura 7 - Manodopera termica: andamento dei prezzi in funzione della taglia del generatore.

Un altro componente che pesa in maniera considerevole per gli interventi che lo prevedono, è la realizzazione della canna fumaria. Non sono interessate a questo tipo di componente le pompe di calore. In realtà per la realizzazione della canna fumaria sono necessari diversi componenti che possono variare in numero a seconda del luogo di installazione, della necessità dell'installazione di componenti antincendio, del generatore scelto e della portata dei fumi.

Il produttore di riferimento in questo caso è stato (Wierer 2015), il cui catalogo, disponibile in azienda, ha fornito i prezzi in funzione del diametro. Per la scelta del diametro si è fatto riferimento al dato fornito dai costruttori dei generatori: il diametro del tubo fumi. Si sono considerate i seguenti pezzi:

- 1 Coppa di scarico condensa;
- 1 Allaccio 90°
- 1 Canale di ispezione
- 1 Fascetta per bloccaggio centraggio e attacco parete
- 2 Curve 87°
- 1 Prelievo fumi
- Elemento lineare (L=1 m)

Per ipotesi, si è scelto di considerare variabile il solo elemento lineare, dipendente dal numero di piani fuori terra (dato di input). Considerando infatti un'altezza media di ogni piano pari a 3 m, si ottiene l'altezza della canna fumaria scegliendo un numero di elementi lineari pari all'altezza complessiva dell'edificio.

$$H_{camino} = 3 \left[\frac{m}{piano} \right] \cdot \# \text{ piani fuoriterra}$$

$$\# \text{ elementi lineari} = \frac{H_{camino}}{L_{elemento\ lineare}}$$

L'andamento del prezzo per un edificio con quattro piani fuori terra è il seguente:

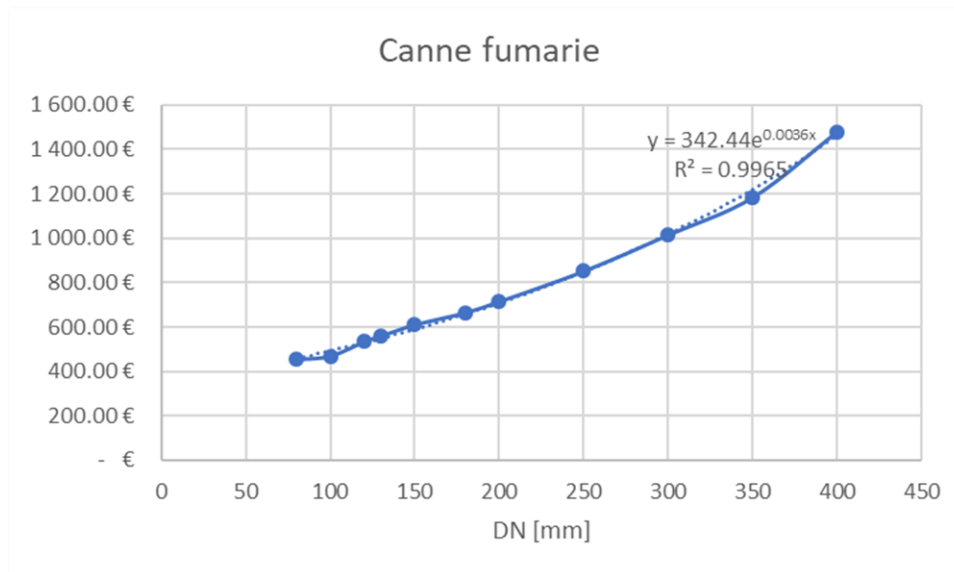


Figura 8 - Canne fumarie: andamento dei costi in funzione del diametro. Piani fuori terra in numero pari a quattro.

Per quanto riguarda gli addolcitori, la scelta è un po' controversa. Non vengono dimensionati infatti sulla portata da trattare ma a seconda delle applicazioni vengono scelti alcuni criteri oppure se ne scelgono di altri "L'addolcimento delle acque, siano esse ad uso potabile, tecnologico o di processo, viene effettuato mediante apparecchi che lavorano sul principio dello scambio di ioni, facendo fluire l'acqua su un letto di resina a scambio ionico. L'acqua addolcita evita la formazione di incrostazioni calcaree nelle tubazioni, sul valvolame, sulla rubinetteria, nei boiler, nelle caldaie, nonché negli impianti tecnologici ed in molti casi migliora i processi di lavorazione. L'acqua addolcita, oltre a ridurre notevolmente i costi energetici, il consumo di detersivi, il problema dell'impatto ambientale, è altresì più idonea per molti altri usi domestici quali ad esempio il lavaggio della biancheria, l'igiene personale, la cottura dei cibi, così come per l'acqua da bere." (Cillicemie).

La scelta dipende ad esempio dalla necessità di avere acqua addolcita e quindi dalle applicazioni per cui questa è richiesta. Per applicazioni in cui questo aspetto risulta importante si scelgono addolcitori elettronici con la possibilità di programmare la rigenerazione delle resine sulla base di metodi statistici di volumi trattati o a tempo, in modo che ogni periodo venga garantito il trattamento ottimizzando i consumi e massimizzando il lavoro delle resine. Secondo il (D.P.R. n.59/2009, 12) risulta:

- a) "In assenza di produzione di acqua calda sanitaria ed in presenza di acqua di alimentazione dell'impianto con durezza temporanea maggiore o uguale a 25 gradi francesi:
 1. un trattamento chimico di condizionamento per impianti di potenza nominale del focolare complessiva minore o uguale a 100 kW;
 2. un trattamento di addolcimento per impianti di potenza nominale del focolare complessiva compresa tra 100 e 350 kW;

- b) nel caso di produzione di acqua calda sanitaria le disposizioni di cui alla lettera a), numeri 1) e 2), valgono in presenza di acqua di alimentazione dell'impianto con durezza temporanea maggiore di 15 gradi francesi. Per quanto riguarda i predetti trattamenti si fa riferimento alla norma tecnica UNI 8065.”

Nella scelta degli addolcitori si è utilizzato l’approccio proposto da (Cillichemie) nel suo catalogo. Il metodo proposto prevede di scegliere i componenti indicati in base al numero di appartamenti e alla durezza media dell’acqua, come mostrato in Figura 9 - Addolcitori: guida alla scelta proposta da Figura 9

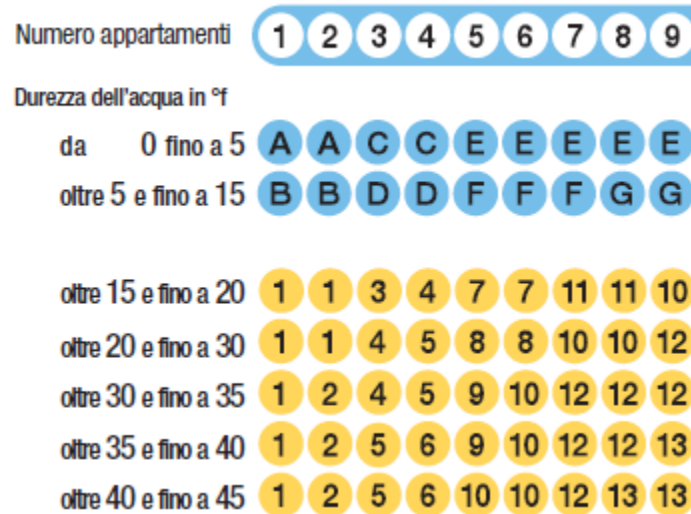


Figura 9 - Addolcitori: guida alla scelta proposta da (Cillichemie)

“Le lettere indicano le soluzioni da adottare quando le acque sono moderatamente dure e/o corrosive. In questi casi non va installato un addolcitore, ma solamente un filtro e un impianto di neutralizzazione che toglie all’acqua, immunizzandola, la proprietà di corrodere e incrostare. I numeri indicano le soluzioni da adottare quando l’acqua è dura e incrostante. In questi casi va installato sempre anche un addolcitore. Si dovrà quindi sempre installare un filtro, un addolcitore e un impianto di immunizzazione per togliere all’acqua la proprietà di corrodere e incrostare. Abitualmente l’addolcitore viene installato quando l’acqua ha più di 15°f. di durezza. Installando le apparecchiature indicate si ottiene anche il progressivo risanamento degli impianti già incrostati e corrosi, cioè già da tempo in esercizio.” (Cillichemie).

Come appartamenti si è considerata una superficie di 80 m², ma nel caso di grandi superfici si è considerato un numero di appartamenti equivalente alla superficie totale. L’andamento è stato trovato quindi in base alla volumetria dell’edificio oggetto di intervento.

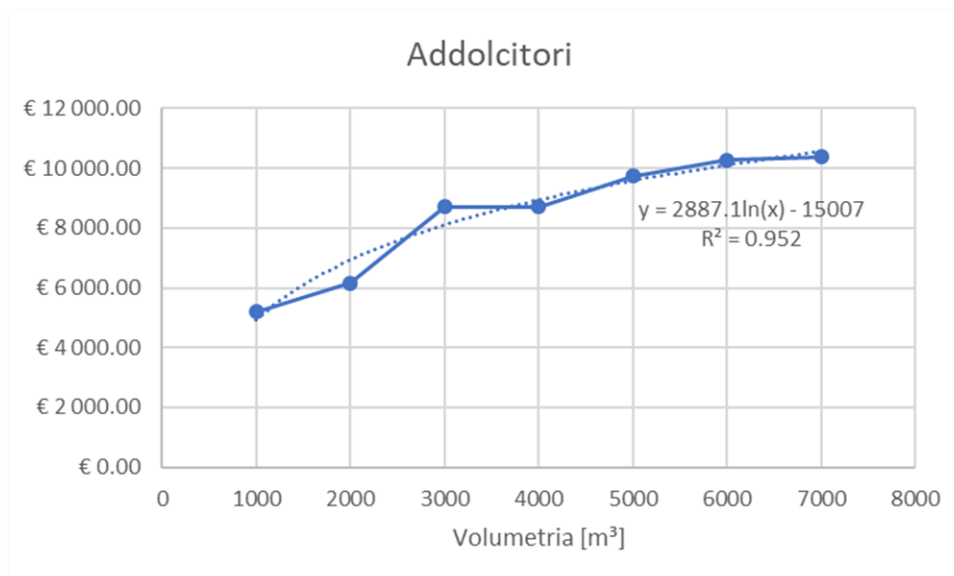


Figura 10 - Addolcitori: andamento del prezzo degli addolcitori con la volumetria. Ipotesi di durezza dell'acqua: 30-35 °f.

L'andamento, come mostrato dalla linea di tendenza, è logaritmico e riguarda tutti gli interventi considerati.

Per i restanti componenti, si è fatto riferimento al Prezzario regionale nell'edizione 2018 (Regione Piemonte 2018). Nello specifico sono state considerate tubazioni e valvolame, i cui andamenti sono stati ricavati in funzione del DN espresso in mm. Il diametro a sua volta è stato ricavato dalla potenza, facendo delle considerazioni analoghe a quelle fatte per i circolatori, per quanto riguarda il ΔT . Analogamente a quanto riportato nell'Equazione 4 e Equazione 5, considerando una velocità dell'acqua pari a 1 m/s, si ottiene la sezione retta di attraversamento del fluido. Il diametro minimo della tubazione si ricava tramite la seguente relazione:

Equazione 6 - Sezione retta attraversata dal fluido

$$A = \frac{\dot{V} [m^3/h]}{v [m/s] \cdot 3600 [s/h]}$$

Equazione 7 - Diametro minimo della tubazione

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

Dove con A si indica l'area attraversata dal fluido. In seguito, viene assegnato il diametro commerciale immediatamente superiore. Questo è il diametro delle valvole, che verranno installate lungo la tubazione. Per una trattazione quanto più generale possibile, si sono fatte le seguenti ipotesi per un intervento tipo:

- Lunghezza delle tubazioni pari a 20 m;
- Filtro a y;
- Valvola miscelatrice;
- Valvole di sicurezza in numero pari a 8;

- Vaso di espansione, di cui è disponibile il prezzo una volta assegnato il volume in litri (per considerare più vasi, si può duplicare la voce nella tabella);

Viene riportata una tabella a titolo esemplificativo di quello che sarebbe un riepilogo delle spese ammissibili per un intervento di sostituzione con caldaia a legna:

Componenti	Costo unitario	Unità	Costo Totale	Sconto
Froeling S4 Turbo 60	€ 8 841.00	1	€ 8 841.00	
Valvola di scarico	€ 110.00	1	€ 110.00	
Puffer	€ 1 178.34	1	€ 1 178.34	
Isolamento Puffer	€ 598.21	1	€ 598.21	
Gruppo pompa	€ 515.00	1	€ 515.00	
Assemblaggio	€ 429.00	1	€ 429.00	
Messa in funzione	€ 375.00	1	€ 375.00	
S-TronicLambda	€ 1 647.00	1	€ 1 647.00	
Scambiatore	€ 2 980.00	1	€ 2 980.00	
Sist. Estrattore ceneri	€ -	0	€ 0.00	
Sist. Estrattore fuel a coclea	€ -	0	€ 0.00	
Serbatoio Pellet	€ -	0	€ 0.00	
Tubo aspirazione	€ -	0	€ 0.00	
Manodopera termica	€ 3 130.48	1	€ 3 130.48	
Smaltimento vecchia CT	€ 939.14	1	€ 939.14	
Canna Fumaria	€ 587.63	1	€ 587.63	
Circolatore primario	€ 1 618.49	1	€ 1 618.49	
Circolatore secondario	€ 1 699.41	0	€ 0.00	
Addolcitore	€ 6 633.38	0	€ 0.00	
Manodopera elettrica	€ 2 299.50	1	€ 2 299.50	
Tubi mannesmann L=20m	€ 156.30	1	€ 156.30	
Filtro a y	€ 52.98	1	€ 52.98	
Valvola miscelatrice a 3 vie	€ 110.58	1	€ 110.58	
Vaso di espansione	€ 80.39		€ 0.00	
Valvole	€ 362.01	8	€ 2 896.04	
Varie ed eventuali 10%			€ 2 556.86	
IVA		1	€ 0.00	
		TOT	€ 31 021.55	

Figura 11 - Esempio tabella riassuntiva dell'intervento: caso con caldaia a Legna da 60 kW

Come detto precedentemente, si può inserire lo sconto per ogni singolo componente, laddove previsto, e infine inserire l'IVA.

Il calcolo per il risparmio di combustibile è stato effettuato considerando il consumo del combustibile precedente e quello del nuovo combustibile per soddisfare lo stesso fabbisogno. Analiticamente il calcolo è introdotto dalla seguente equazione:

Equazione 8 - Calcolo del risparmio del combustibile: caso sostituzione caldaia a gas con caldaia a biomassa

$$\begin{aligned}
 & \text{risparmio}_{fuel} [\text{€/anno}] \\
 & = PCI_{f, ante} \left[\frac{kWh}{Sm^3} \right] \cdot C_{f, ante} \left[\frac{\text{€}}{kWh} \right] \cdot \text{consumo}_{f, ante} \left[\frac{Sm^3}{\text{anno}} \right] \\
 & - PCI_{f, post} \left[\frac{kWh}{kg} \right] \cdot C_{f, post} \left[\frac{\text{€}}{kWh} \right] \cdot \text{consumo}_{f, post} \left[\frac{kg}{\text{anno}} \right]
 \end{aligned}$$

Anche qui, il costo considerato si intende IVA esclusa, e questo contributo vedremo sarà la fonte di un più o meno immediato ritorno dell'investimento, insieme ad altri fattori.

Segue la valutazione economica attraverso alcuni indici di riferimento che danno un'indicazione circa la convenienza di un intervento rispetto ad un altro.

Gli indici utilizzati sono il Net Present Value (NPV) in italiano detto VAN, l'internal interest rate (IRR) il tasso di interesse che azzerava il VAN in un periodo n di anni, il Payback time (PBT), tempo di ritorno dell'investimento e il Return on Investment (ROI), cioè il ritorno sull'investimento.

7. Risultati in output dal modello

I risultati che il modello restituisce sono:

- Un dimensionamento preliminare dell'impianto e la riqualificazione della centrale termica;
- I costi di ciascun intervento;
- L'ammontare dell'incentivo, qualora l'intervento soddisfi i requisiti di accesso al Conto Termico. Nello specifico viene calcolato il tempo di erogazione, la rata annua e l'incentivo totale;
- Gli indicatori economici che esprimono la convenienza di un intervento rispetto ad un altro, dal punto di vista del ritorno dell'investimento.

Abbiamo già parlato dei primi tre risultati di output, spiegando come vengono calcolati nel capitolo 6. Diverso è il discorso per gli indicatori di redditività dell'investimento. Vediamo meglio questi indicatori:

- VAN (dall'inglese NPV) valore attuale netto, prevede la somma dei flussi di cassa ma attualizzati ogni anno tramite uno stesso tasso di interesse.
- TIR (dall'inglese IRR) Tasso interno di rendimento, corrisponde al tasso di interesse tale per cui si ha l'azzeramento del VAN dopo n anni;
- Tempo di ritorno dell'investimento (dall'inglese Payback Time) rappresenta il periodo misurato in numero di anni in cui i flussi di cassa attualizzati diventano positivi, ovvero il periodo dopo il quale è previsto un guadagno, confrontando il caso in cui non effettuo l'investimento.
- ROI (dall'inglese Return On Investment) che misura il ritorno sul totale del capitale investito dall'impresa.

Questi indicatori presentano ciascuno la propria utilità per l'azienda che sta valutando diversi interventi da effettuare.

Il VAN, ad esempio, è utile al confronto tra diversi interventi perché vengono considerati i flussi di cassa attualizzati di ciascun intervento. Quindi anno per anno, questo indicatore permette di avere una panoramica su ogni intervento. Quello più conveniente sarà l'intervento che registrerà un guadagno più immediato in termini di anni. Analiticamente il VAN è definito e calcolato come mostrato di seguito:

$$VAN(NPV) = \sum_{k=0}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k}$$

Dove FC rappresenta il flusso di cassa del k-esimo anno, k il numero di anni e la sommatoria va dall'anno dell'investimento al numero n di anni dell'analisi. Il termine "i" rappresenta il costo medio ponderato del capitale, espresso in percentuale e rappresenta il tasso di interesse medio tra quello del capitale proprio e di terzi, tipico dell'azienda.

Il periodo compreso tra il momento dell'investimento e l'anno in cui si registra un flusso di cassa attualizzato positivo, viene detto tempo di ritorno dell'investimento, indicato con PBT

(dall'inglese Payback Time) e misurato normalmente in anni. Essenzialmente, si dice che l'investimento ritorna in un numero di anni pari al PBT.

Il VAN e il PBT sono calcolati considerando il tasso di interesse medio tra quello del capitale proprio dell'azienda e quello del capitale di terzi, quindi, per valutare la convenienza dell'investimento sul periodo considerato nell'analisi, è utile un altro indicatore: il tasso interno di rendimento (TIR o l'inglese IRR, internal return rate). Si tratta di un tasso interno perché il valore è calcolato al netto di interessi e inflazione ed è un indice di redditività dell'investimento che fornisce delle indicazioni sulla convenienza dello stesso. Quanto più questo tasso è elevato rispetto al tasso di interesse medio dell'azienda, tanto più risulta interessante effettuare l'investimento. Se invece risulta minore del tasso medio dell'azienda, indicato precedentemente con "i", allora potrebbe indicare una minore convenienza per l'azienda a intraprendere l'intervento.

Si può ragionare anche sul significato economico che assume il TIR, ovvero il tasso di interesse che azzerava il VAN in un periodo di tempo pari a "n" anni. Quindi fissato "n", il numero di anni dell'analisi, il TIR corrisponde al tasso di interesse che restituisce un PBT pari a "n" anni. Ovviamente la convenienza di un investimento non può essere valutata guardando un solo indice, anche perché un intervento è interessante rispetto ad un altro di pari rischio e non in generale. Però avere più indicatori da interpretare aiuta certamente un'azienda a fare queste valutazioni.

In linea generale, sono indice di interesse quegli interventi che presentano elevati valori di NPV e di IRR, come riportato nella seguente tabella:

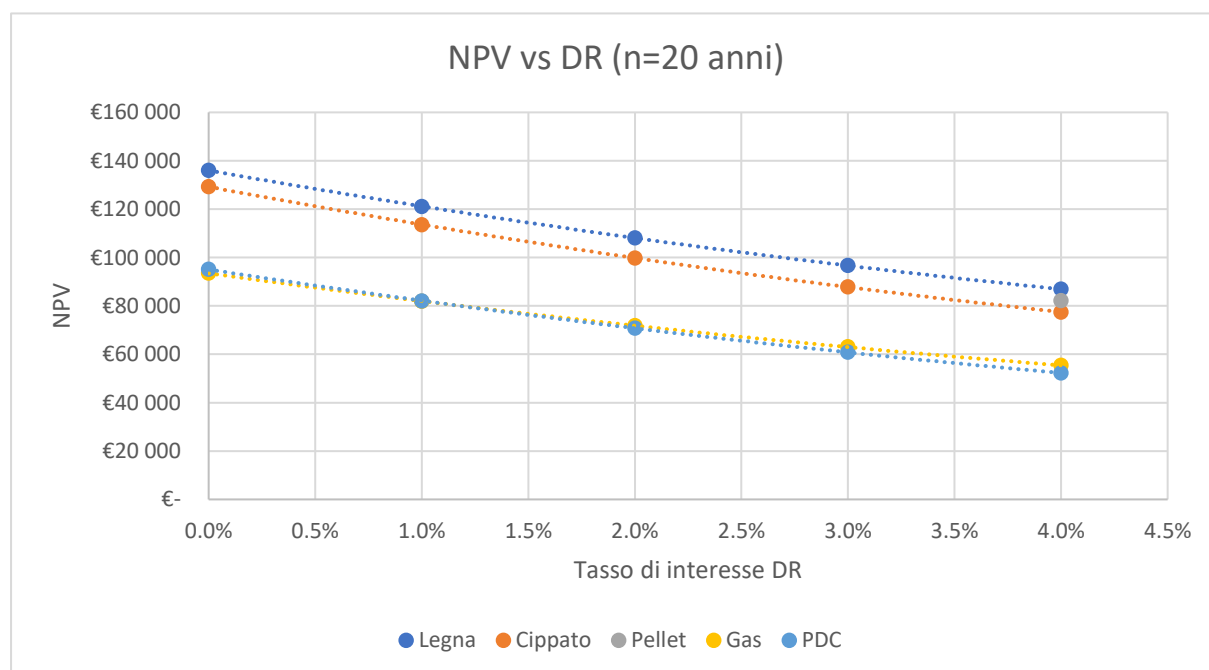


Figura 12 - Esempio di correlazione tra NPV e DR

8. Casi studio

In questo capitolo si riporta il comportamento del modello sul campo, andando a testarlo su due casi studio.

8.1 Caso studio: Asilo nido

Il primo caso riguarda la sostituzione di una caldaia a gasolio di 113 kW a servizio di un asilo nido sito in una cittadina alle porte di Torino. La zona climatica di riferimento risulta quindi la E. La volumetria risulta essere pari a 4259 m³. Le bollette riportano i consumi del combustibile di riferimento per un periodo che copre tre anni (2014, 2015 e 2016). Prendendo un valore medio di consumi sui tre anni, risultano 11255 litri di gasolio. L'asilo è servito da un impianto a radiatori.

In virtù del soddisfacimento del fabbisogno, gli interventi possibili riguardano l'installazione di caldaia a cippato, caldaia a condensazione e pompe di calore.

8.1.1 Intervento di sostituzione con caldaia a cippato

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di caldaia a cippato di potenza pari a 130 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 61 227.06 €, l'incentivo del conto termico pari a 33 000 €, mentre il risparmio sul combustibile risulta essere pari a 10 309.16 €/anno.

Come mostrato dalla Figura 13 il tempo di ritorno dell'investimento risulta essere pari ad appena 3 anni. Questo risultato è giustificabile dal fatto che il Conto Termico prevede l'incentivazione con caldaie a biomassa in edifici esistenti, ma solo per la sostituzione di caldaie alimentate dai seguenti combustibili:

- Gasolio;
- Olio combustibile;
- Biomassa;
- Carbone.

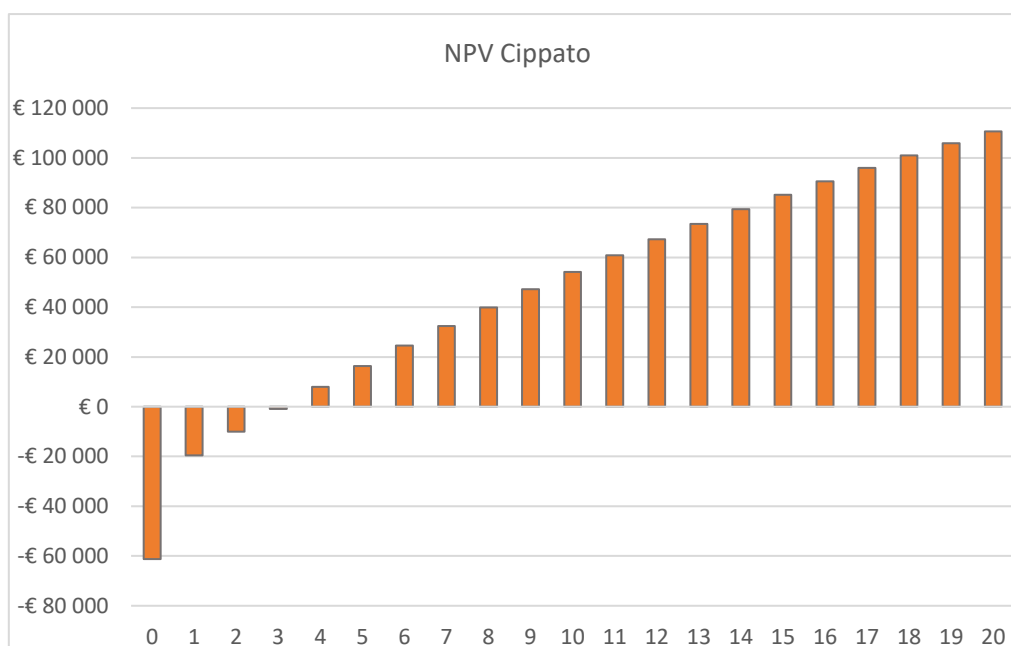


Figura 13 – Asilo Nido: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con caldaia a cippato.

Trattandosi di un intervento di sostituzione di una caldaia a gasolio, i requisiti di accesso alla richiesta del contributo del conto termico sono soddisfatti e il beneficio risulta abbastanza importante (il 54% dell'investimento viene erogato dopo appena un anno visto che il soggetto ammesso è una PA, motivo per cui la corrispondenza dell'incentivo avviene in un'unica rata).

Ci si accorge della presenza del contributo del Conto termico anche osservando il trend dell'NPV che riceve un netto miglioramento al primo anno e poi abbastanza regolare e lineare dal secondo anno in poi, sintomo di un'influenza di un solo componente: il risparmio di combustibile.

Visto il breve tempo di ritorno dell'investimento sarebbe conveniente procedere con questo tipo di intervento, ma bisogna far notare che non è stato tenuto conto della realizzazione del locale di stoccaggio del cippato, praticamente obbligatorio per un impianto del genere. Se si considera quest'ulteriore costo, si avrebbe un aumento del tempo di ritorno di massimo due anni, considerando che rientrerebbe tra le spese ammissibili e quindi aumenterebbe anche l'incentivo del conto termico. Rimarrebbe comunque un intervento interessante economicamente e quindi sarebbe una strada percorribile

8.1.2 Intervento di sostituzione con caldaia a gas a condensazione

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di caldaia a gas a condensazione di potenza pari a 125 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 37 714.64 €, l'incentivo del conto termico pari a 6 435 €, mentre il risparmio dovuto al combustibile risulta pari a 6 725 €/anno.

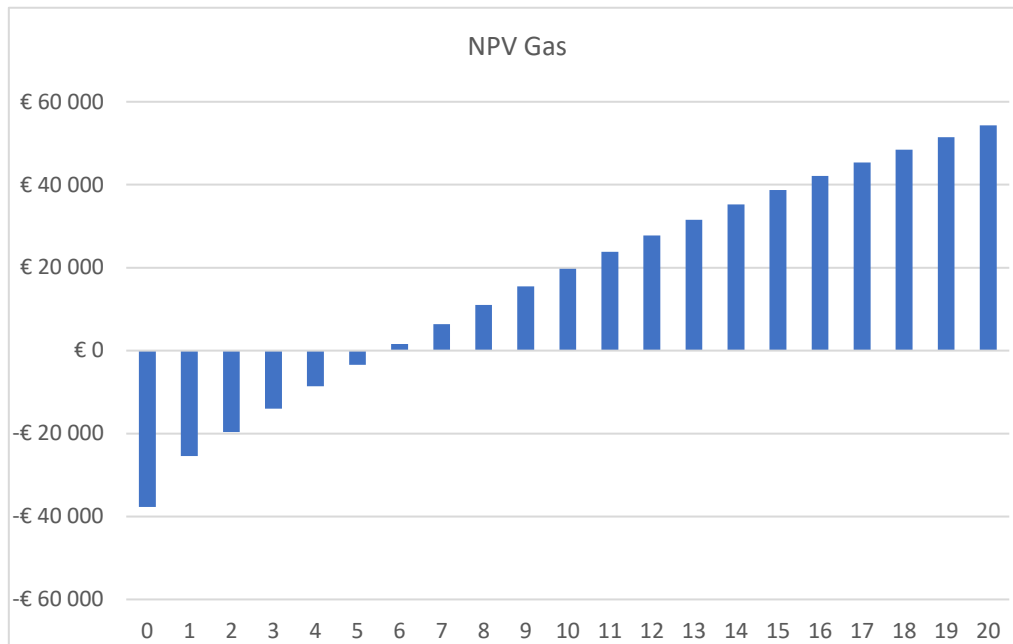


Figura 14 - Asilo Nido: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con caldaia a gas a condensazione

Similmente al caso precedente, qui l'investimento ha un tempo di ritorno leggermente superiore, ma contenuto a 6 anni. La ragione risiede nel fatto che la caldaia da sostituire è una caldaia a gasolio mentre la nuova è una caldaia a gas a condensazione di nuova generazione, con un rendimento notevolmente maggiore (93% contro 80%). L'incentivo non risulta molto elevato, ma la parte del leone la fa il risparmio sul consumo di combustibile. Il gasolio infatti risulta molto più caro del gas, come mostrato nel capitolo sui prezzi considerati nel modello. Quindi possiamo concludere che la rapidità del ritorno dell'investimento è dovuto al contributo dell'incentivo, ma soprattutto del risparmio dovuto al cambio del combustibile.

8.1.3 Intervento di sostituzione con pompe di calore

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di pompa di calore di potenza pari a 225 kW_{th}. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 115 223.58 €, l'incentivo del conto termico pari a 63 845.19 €, mentre il risparmio dovuto al combustibile risulta essere pari a 5 142.40 €/anno.

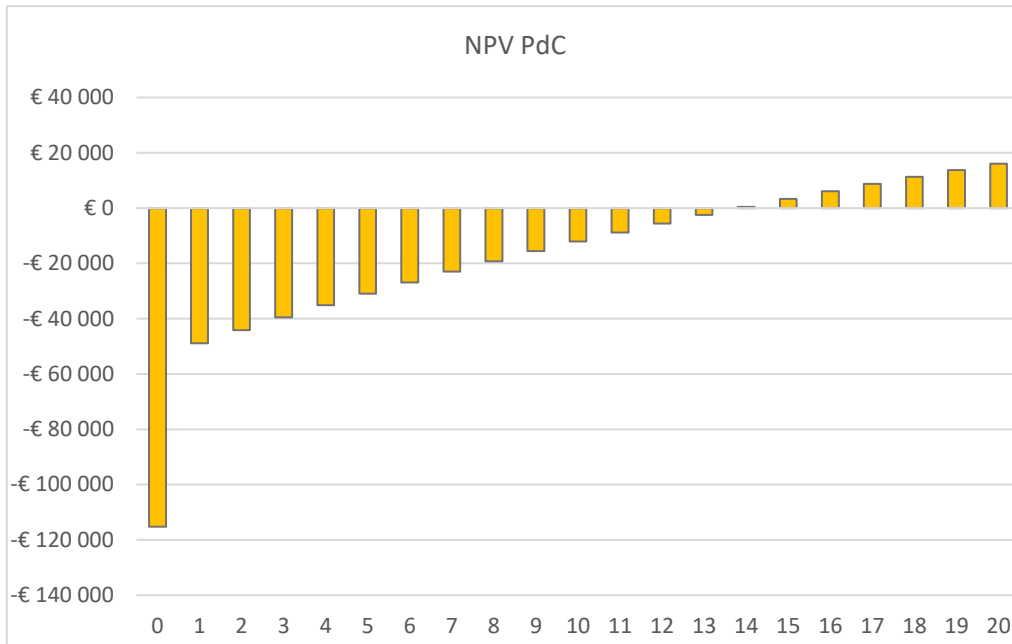


Figura 15 - Asilo Nido: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con pompe di calore

Come mostra la Figura 15 nel caso di sostituzione con pompe di calore, l'intervento ha un tempo di ritorno pari a 14 anni. Il peggioramento rispetto agli altri due interventi considerati è dovuto soprattutto al costo di investimento iniziale elevato, nonostante un contributo notevole dell'incentivo (56% dell'investimento) e un discreto risparmio dovuto al cambio di combustibile, ma anche al fatto che il sistema di emissione presente (radiatori) fanno lavorare la pompa di calore ben al di sotto del suo potenziale. In queste condizioni, risulta sconveniente fare un investimento di questa importanza per poi non sfruttare al massimo l'impianto.

8.2 Caso studio: Palazzo comunale

Il primo caso riguarda la sostituzione di una caldaia a gas tradizionale di 200 kW a servizio di un palazzo comunale sito in una città in provincia di Torino. La zona climatica di riferimento risulta quindi la E. La volumetria risulta essere pari a 5852 m³. Si hanno a disposizione le bollette che riportano i consumi del combustibile di riferimento e coprono un periodo di due anni (2014/2015 e 2015/2016). Come dato di input è stata inserita quindi una media dei consumi sul periodo pari a 14580 Sm³. Il comune è servito da un impianto a radiatori.

In virtù del soddisfacimento del fabbisogno, e quindi della taglia, gli interventi presi in considerazione riguardano l'installazione di caldaia a cippato, caldaia a condensazione e pompe di calore.

8.2.1 Intervento di sostituzione con caldaia a cippato

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di caldaia a cippato di potenza pari a 199 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 81 576.31 €, l'incentivo del conto termico pari a 0 €, mentre il

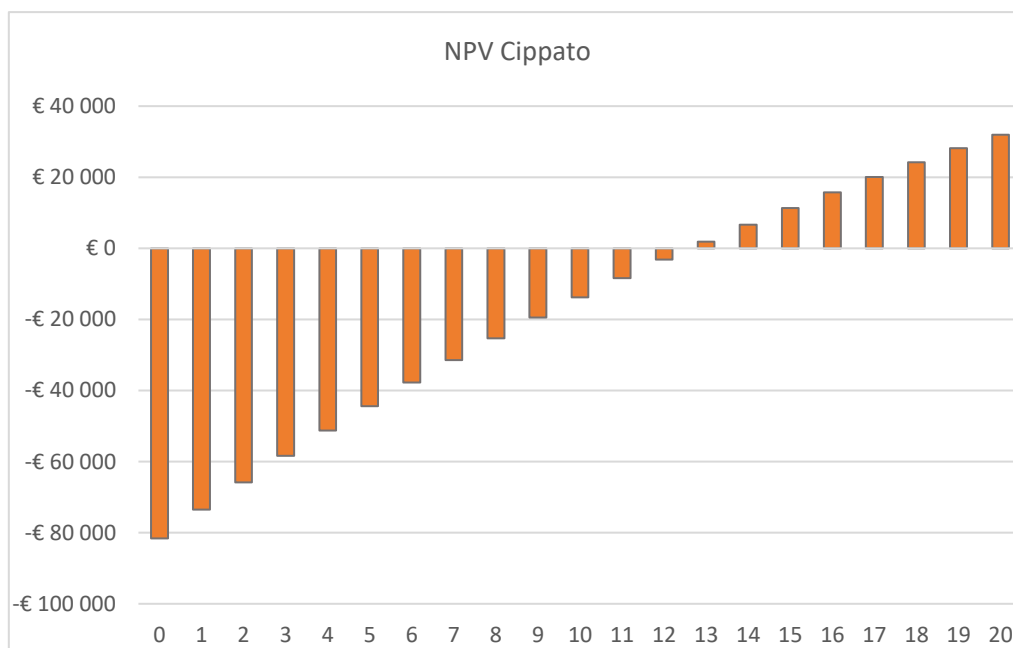


Figura 16 - Palazzo comunale: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con caldaia a cippato

risparmio dovuto al combustibile risulta essere pari a 8 354.21 €/anno.

Come mostrato dalla Figura 13 il tempo di ritorno dell'investimento risulta essere pari a 13 anni. Questo risultato è giustificabile dal fatto che il Conto Termico prevede l'incentivazione con caldaie a biomassa in edifici esistenti, ma solo per la sostituzione di caldaie alimentate dai seguenti combustibili:

- Gasolio;
- Olio combustibile;

- Biomassa;
- Carbone.

“Per i soli interventi effettuati in aree non metanizzate, esclusivamente dalle aziende agricole che effettuino attività agroforestale e dalle imprese operanti nel settore forestale, è ammessa agli incentivi la sostituzione di generatori di calore alimentati a GPL che abbiano requisiti tali da ottenere un coefficiente premiante riferito alle emissioni di polveri pari a 1,5” (Regole applicative 2016). Ne consegue che questo caso risulta penalizzato visto che non beneficia del contributo del conto termico come gli altri.

Ci si accorge dell'assenza del contributo del Conto termico anche osservando il trend dell'NPV, abbastanza regolare e lineare, sintomo dell'influenza di un solo componente: il risparmio di combustibile.

In ogni caso, non è conveniente procedere con questo tipo di intervento, sia per via dell'elevato tempo di ritorno dell'investimento, sia perché non viene tenuto in considerazione la realizzazione del locale in cui deve essere immagazzinato il cippato.

8.2.2 Intervento di sostituzione con caldaia a gas a condensazione

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di caldaia a gas a condensazione di potenza pari a 200 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 39 856.76 €, l'incentivo del conto termico pari a 10 296 €, mentre il risparmio dovuto al combustibile risulta essere pari a 3 150.24 €/anno.

Contrariamente al caso precedente, qui il contributo del conto termico si vede. Il primo anno infatti, si nota un notevole miglioramento del flusso di cassa attualizzato, mentre successivamente il trend è lineare ma meno marcato, indice dell'effetto del solo risparmio dovuto al maggior rendimento della nuova caldaia a condensazione (93% contro 71%). L'investimento ha un tempo di ritorno intorno ai 12 anni, che risulta cautelativo in confronto a

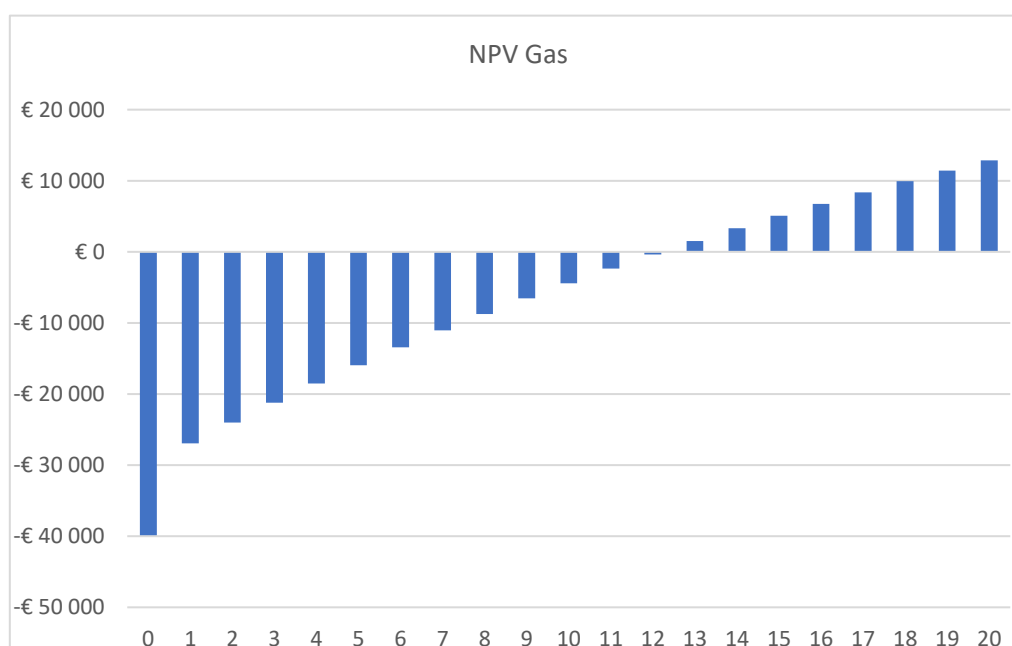


Figura 17 - Palazzo comunale: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con caldaia a gas a condensazione

ciò che viene riportato nella diagnosi energetica (PBT pari a 11 anni).

8.2.3 Intervento di sostituzione con pompe di calore

Il modello nel caso in questione ha assegnato un modello di pompa di calore di potenza pari a 225 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 115 944.12 €, l'incentivo del conto termico pari a circa 63 845.19€.

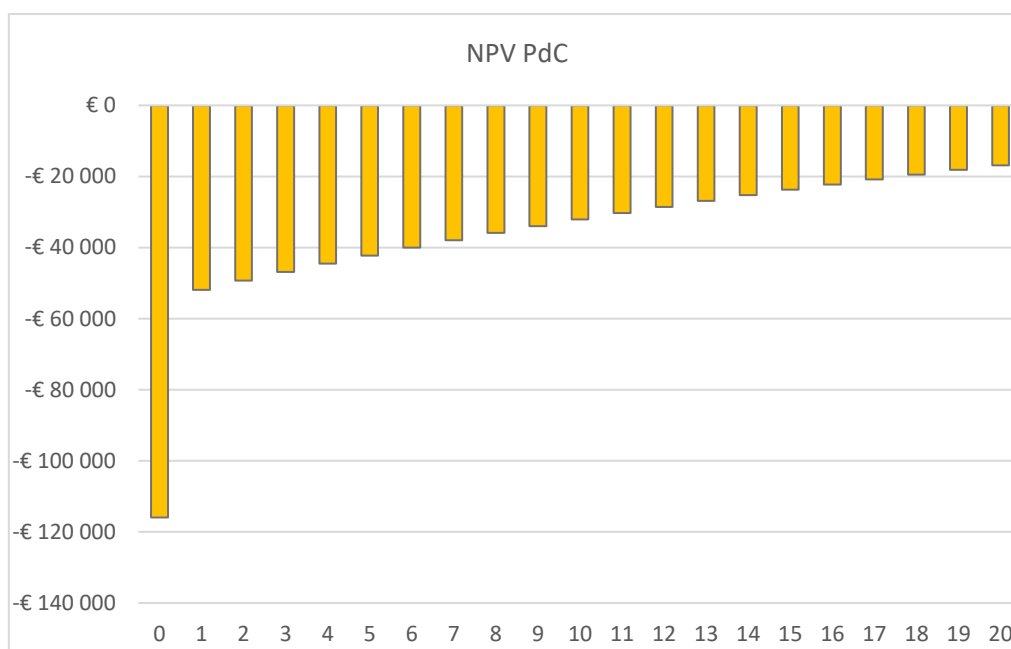


Figura 18 - Palazzo comunale: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con pompe di calore

Nel caso di sostituzione con pompe di calore, l'intervento non risulta conveniente, nonostante il contributo importante del conto termico. Infatti, il 55% dell'investimento viene restituito il primo anno in un'unica rata (trattandosi di una PA, l'erogazione avviene in un'unica rata) ma ciò non basta perché ci sia un ritorno prima dei 20 anni, soglia limite considerata nell'analisi. A pesare in maniera significativa è il costo iniziale di investimento molto elevato e, in secondo luogo, un risparmio dovuto al combustibile non molto marcato, pari a 2 770.65 €/anno. Senza dubbio questo è un intervento non conveniente, anche perché per tornare in 20 anni si dovrebbe avere un tasso di ammortamento poco realistico pari all'1%, come indicato dall'IRR.

8.3 Caso studio: Palazzo comunale

Il terzo caso riguarda la sostituzione di due caldaie a gas tradizionali, ciascuna da 186.7 kW, a servizio di un condominio sito in provincia di Lecco. La zona climatica di riferimento risulta la E. La volumetria risulta essere pari a 8620 m³. Si hanno a disposizione le bollette che riportano i consumi del combustibile di riferimento per un periodo di un solo anno (2017). Ne risulta un consumo di gas naturale pari a 32 372 Sm³. Il costo del gas è pari a 0.66 €/Sm³, mentre quello dell'energia elettrica è pari a 0.17 €/kWh. Il comune è servito da un impianto a radiatori.

In virtù del soddisfacimento del fabbisogno, e quindi della taglia, gli interventi presi in considerazione riguardano l'installazione di caldaia a cippato, caldaia a condensazione e pompe di calore.

8.3.1 Intervento di sostituzione con caldaia a cippato

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di caldaia a cippato di potenza pari a 250 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 89 274.81 €, l'incentivo del conto termico pari a 0 €, mentre il risparmio dovuto al combustibile risulta essere pari a 11 075.94 €/anno.

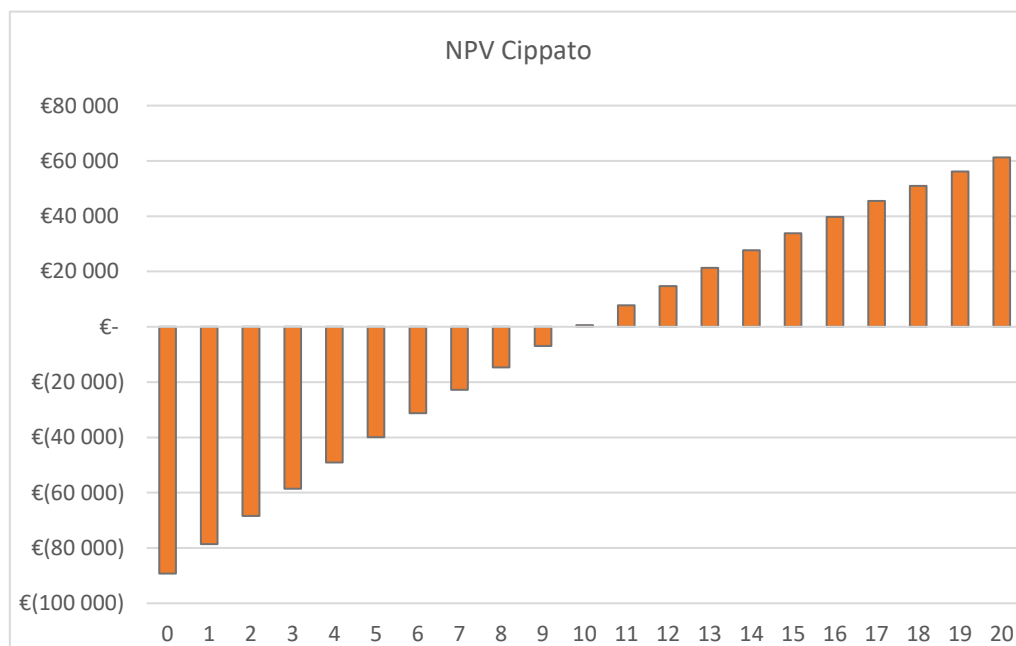


Figura 19 - Condominio: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con caldaia a cippato

Come mostrato dalla Figura 3Figura 19 il tempo di ritorno dell'investimento risulta essere pari a 10 anni. Questo risultato è giustificabile dal fatto che il Conto Termico prevede l'incentivazione con caldaie a biomassa in edifici esistenti, ma solo per la sostituzione di caldaie alimentate dai seguenti combustibili:

- Gasolio;
- Olio combustibile;
- Biomassa;
- Carbone.

“Per i soli interventi effettuati in aree non metanizzate, esclusivamente dalle aziende agricole che effettuino attività agroforestale e dalle imprese operanti nel settore forestale, è ammessa agli incentivi la sostituzione di generatori di calore alimentati a GPL che abbiano requisiti tali da ottenere un coefficiente premiante riferito alle emissioni di polveri pari a 1,5” (Regole applicative 2016). Ne consegue che questo caso risulta penalizzato visto che non beneficia del contributo del conto termico come gli altri.

Ci si accorge dell’assenza del contributo del Conto termico anche osservando il trend dell’NPV, abbastanza regolare e lineare, sintomo dell’influenza di un solo componente: il risparmio di combustibile.

In ogni caso, non è conveniente procedere con questo tipo di intervento, sia per via dell’elevato tempo di ritorno dell’investimento, sia perché non viene tenuta in considerazione la realizzazione del locale in cui deve essere immagazzinato il cippato.

8.3.2 Intervento di sostituzione con caldaia a gas a condensazione

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di caldaia a gas a condensazione di potenza pari a 250 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l’investimento risulta pari a 59 063 €, l’incentivo del conto termico pari a 12 850 €,

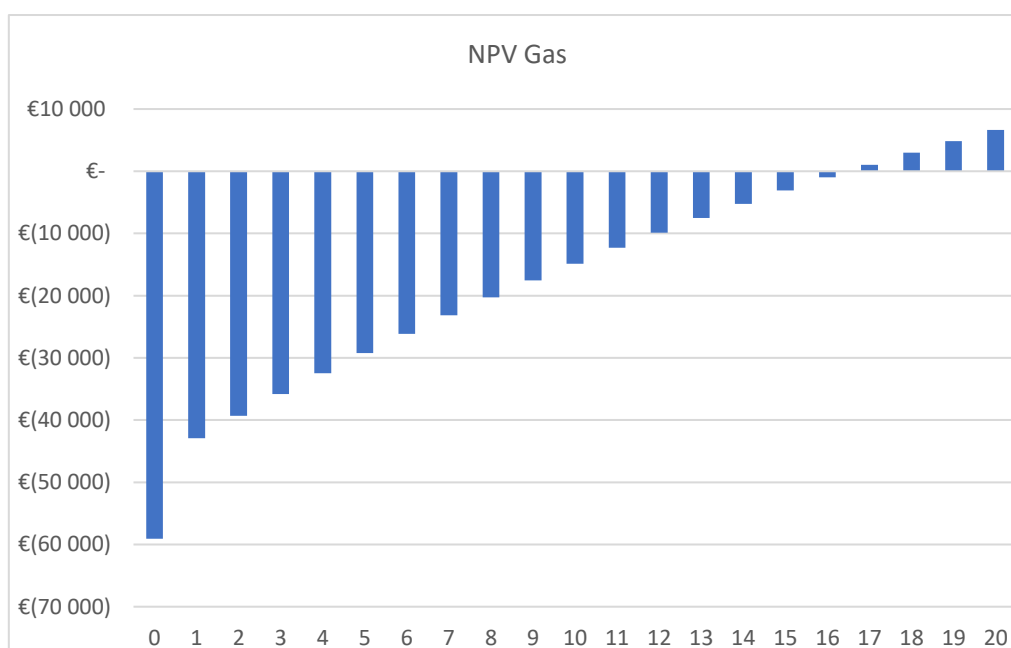


Figura 20 - Condominio: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con caldaia a gas a condensazione

mentre il risparmio dovuto al combustibile risulta essere pari a 3 925.51 €/anno.

Contrariamente al caso precedente, qui il contributo del conto termico si vede. Il primo anno infatti, si nota un notevole miglioramento del flusso di cassa attualizzato, mentre successivamente il trend è lineare ma meno marcato, indice dell’effetto del solo risparmio dovuto al maggior rendimento della nuova caldaia a condensazione (93% contro 80%).

L'investimento ha un tempo di ritorno intorno ai 17 anni, che risulta abbastanza elevato per essere considerato un intervento interessante.

8.3.3 Intervento di sostituzione con pompe di calore

Il modello nel caso in questione ha assegnato un tipo di pompa di calore di potenza pari a 333 kW. In seguito ad un intervento di totale riqualificazione della centrale termica, l'investimento risulta pari a 152 421.01 €, l'incentivo del conto termico pari a circa 95 529.38€ pari al 63% del costo di investimento, mentre il risparmio di combustibile risulta

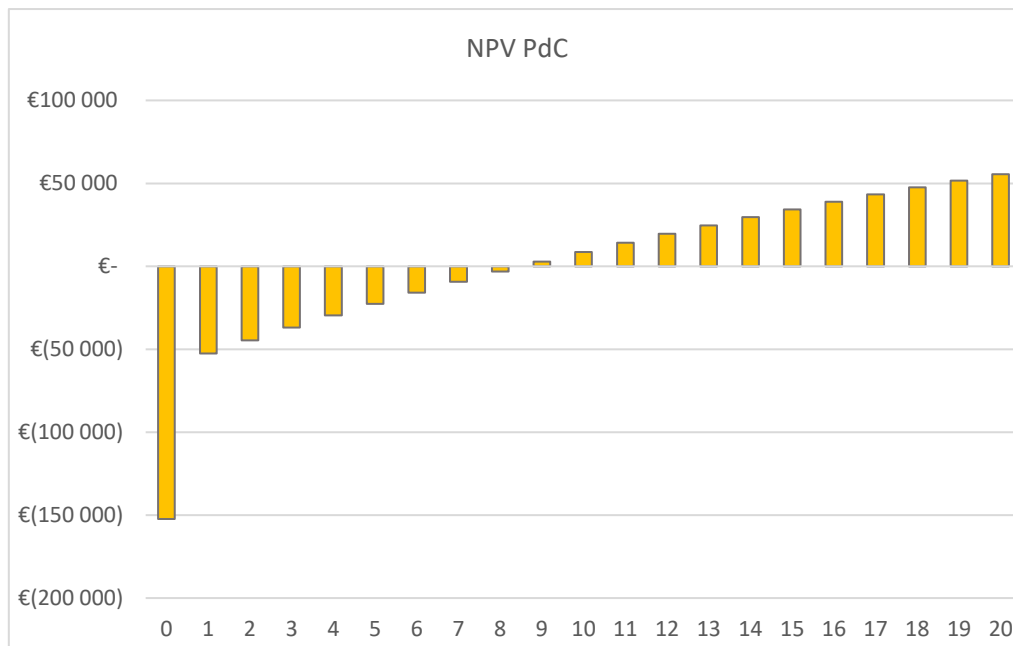


Figura 21 - Condominio: Andamento dell'indicatore NPV: sostituzione con pompe di calore

essere pari a 8551.34 €/anno.

Nel caso di sostituzione con pompe di calore, l'intervento risulta molto interessante, sia per il peso consistente del contributo del conto termico sia per il risparmio annuo dovuto al cambio di combustibile. Infatti, il 63% dell'investimento viene restituito il primo anno in un'unica rata (trattandosi di una PA, l'erogazione avviene in un'unica rata) comportando un ritorno dell'investimento pari a 9 anni. Considerando che le pompe di calore possono essere sfruttate anche per la climatizzazione estiva, l'investimento sembra avere molto senso. Una prova in questa direzione viene fornito dal seguente grafico:

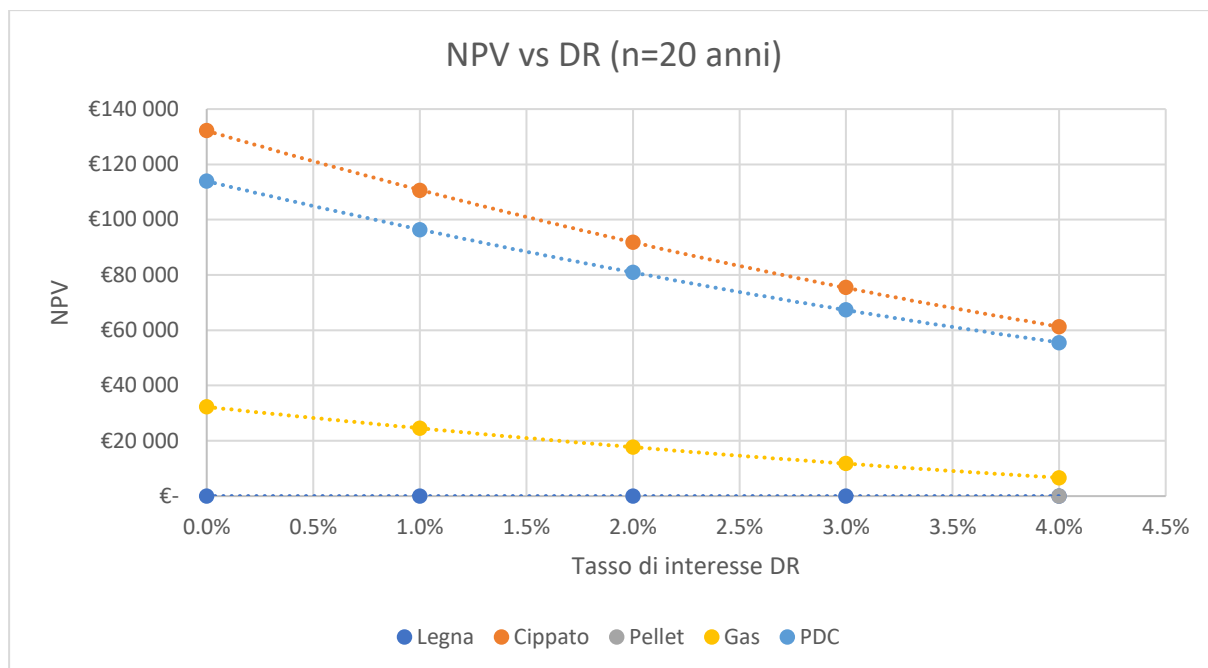


Figura 22 – Condominio: NPV vs DR, confronto della convenienza degli interventi

Come mostrato dal grafico, l'intervento più conveniente risulta essere proprio quello di sostituzione con pompa di calore, visto i motivi che portano a non scegliere la realizzazione di una caldaia a cippato. Infatti, l'intervento con NPV e IRR più elevato è da preferire agli altri, perché permettono all'investimento di tornare più velocemente e godere di un risparmio maggiore.

9. Possibili implementazioni future

Nel modello sono stati affrontati solo gli interventi riguardanti la sostituzione di generatori di calore, ma ciò non toglie la possibilità di implementare la valutazione degli altri interventi previsti dal Decreto o addirittura la scrittura del codice in un altro linguaggio di programmazione. La versatilità di Microsoft Excel facilita non poco qualsiasi modifica a livello di implementazione e espansione del modello quindi potrebbe essere modificato e utilizzato a seconda delle esigenze.

Nello specifico gli interventi non trattati che risultano interessanti dal punto di vista del ritorno sono i seguenti:

- Isolamento superfici opache dell'involucro, che se combinato con la sostituzione del generatore a condensazione e al successivo intervento, comporterebbe un aumento della percentuale dell'incentivo fino al 55% per ambedue gli interventi;
- Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato;
- Sostituzione sistemi di illuminazione da interni e delle pertinenze esterne di edifici esistenti con corpi illuminanti basati su tecnologia a LED o a più alta efficienza;

Gli altri interventi previsti dal Decreto (Ministero dello Sviluppo Economico 2016) non sono stati affrontati, visto che la mia esperienza nell'ambito del tirocinio, ha riguardato soprattutto la riqualificazione delle centrali termiche, coadiuvando il team aziendale nei progetti che ha affrontato.

Dal punto di vista di quanto già sviluppato, il modello può essere affinato ulteriormente, aggiungendo ulteriori componenti, studiare con maggior precisione gli andamenti dei componenti e permettere anche un approfondimento dell'analisi. Questo però porterebbe ad uno scopo diverso da quello che si propone questo lavoro.

10. Conclusioni

Partendo dallo scopo che ha portato alla realizzazione di questo lavoro, si può concludere che, come dimostrano i casi di applicazione, il modello si comporta egregiamente in sede di una valutazione preliminare, predicendo con buona accuratezza risultati ottenuti in seguito alla redazione di una diagnosi energetica. Ovviamente lo scopo non è quello di sostituire una diagnosi, che rimane comunque uno studio approfondito di tutti gli aspetti di interesse dal punto di vista energetico, però disporre di uno strumento con le caratteristiche di questo modello, può senza dubbio aiutare ad avere già in partenza una visione più ampia, escludendo delle opzioni dalla futura analisi.

11. Bibliografia

- Cillichemie. «Addolcitori - Cillit.» *Cillichemie catalogo idrodomestico*. 2018.
- Consiglio Europeo. «D.E. 2006/32/CE.» *Direttiva Europea in materia di efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*. 5 Aprile 2006.
- DGSAIE. 2017. <https://dgsaie.mise.gov.it> (consultato il giorno Gennaio 22, 2019).
- Governo Italiano. «D. Lgs. n. 152/06.» Roma, 2006.
- . «D. Lgs. n.115.» *Decreto Legislativo n.115 del 30 Maggio 2008 in merito al recepimento della Direttiva Europea 2006/32/CE*. Roma, 30 Maggio 2008.
- . «D.lgs. n. 50/2016.» *Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50. Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori di servizi idrico, energia*. Roma, 18 Aprile 2016.
- . «Legge n.11/2016 Gazzetta Ufficiale.» *Gazzetta Ufficiale*. 28 Gennaio 2016. <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/01/29/16G00013/sg> (consultato il giorno Marzo 2019).
- Grundfos. *Grundfos Product Center*. s.d. <https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?sizeType=adv&qcid=528050208> (consultato il giorno Gennaio 26, 2019).
- ISO Standards. «UNI EN ISO 17225-2.» s.d.
- Ministero dello Sviluppo Economico. «Conto Termico.» *Sito GSE SpA*. 28 Dicembre 2012. <https://www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/conto-termico> (consultato il giorno Novembre 2018).
- . «Conto Termico.» *Sito Web GSE SpA*. 16 Febbraio 2016. https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Servizi%20per%20te/CONTO%20TERMICO/REGOLE%20APPLICATIVE/REGOLE_APPLICATIVE_CT.pdf (consultato il giorno Novembre 2018).
- Parlamento Italiano. «Legge n.241.» Roma, 1990.
- Presidente della Repubblica. «D.P.R. n. 112.» Roma, 26 Agosto 1993.
- . «D.P.R. n.59/2009.» *D.P.R. n.59/2009 concernente l'attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*. Roma, 2 Aprile 2009.
- Regione Piemonte. «Prezzario 2018.» *Sistema Piemonte*. 1 Gennaio 2018. <http://www.sistemapiemonte.it/cms/privati/territorio/servizi/929-consultazione-prezzario-regionale-opere-pubbliche/3427-prezzario-2018> (consultato il giorno Febbraio 15, 2019).
- Treccani. *Contratto di rendimento Energetico*. 11 Marzo 2010. http://www.treccani.it/magazine/diritto/approfondimenti/diritto_amministrativo/1_PiseIli_rendimento_energetico.html (consultato il giorno Marzo 10, 2019).

UNI . «UNI EN 11339.» *Gestione dell'energia. Esperti in gestione dell'energia. Requisiti generali per la qualificazione.* 2009.

«UNI EN 303-5.» 2012.

UNI. «UNI CEI 11352.» *Gestione dell'energia - Società che forniscono servizi energetici (ESCO) - Requisiti generali e lista di controllo per la verifica dei requisiti.* 2014.

Wierer. «Camini Wierer.» *Catalogo Canne Fumarie.* Verona, 1 Gennaio 2015.