



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI UN QUARTIERE DEL COMUNE DI PADOVA: ANALISI TECNICA E CONSIDERAZIONI SOCIALI

RELATORE: Prof.ssa Anna Stoppato

CORRELATORI: Dott.ssa Daniela Luise

Dott. Michele Zuin

Ing. Alberto Benato

LAUREANDO: Alberto Baldin

Anno Accademico 2015/2016

Sommario

| | |
|---|----|
| INTRODUZIONE..... | 3 |
| CAPITOLO 1 – Il Patto dei Sindaci | 7 |
| 1.1 I cambiamenti climatici..... | 7 |
| 1.2 Il patto dei sindaci: un’iniziativa importante contro i cambiamenti climatici..... | 9 |
| 1.3 Il Patto “passo dopo passo”: processo che i firmatari dovranno affrontare per tener fede ai loro impegni..... | 11 |
| 1.4 Adesione del Comune di Padova | 12 |
| CAPITOLO 2 – La cogenerazione..... | 15 |
| 2.1 Situazione energetica attuale di riferimento | 15 |
| 2.2 Il principio della cogenerazione..... | 17 |
| 2.3 Cenni alla normativa e vantaggi della cogenerazione | 20 |
| 2.4 Impatto ambientale: valutazione delle emissioni | 27 |
| 2.5 Principali tecnologie impiegate nella cogenerazione..... | 30 |
| CAPITOLO 3 – L’efficienza energetica nel settore civile e i nuovi modelli di distretti energetici..... | 31 |
| 3.1 Il settore civile: il settore più energivoro | 32 |
| 3.2 Dove e come intervenire per ridurre i consumi e migliorare l’efficienza..... | 34 |
| 3.3 Cenni al quadro normativo..... | 36 |
| 3.4 I nuovi modelli di distretti energetici | 38 |
| 3.5 Esempi di applicazioni in Europa e in Italia | 42 |
| CAPITOLO 4 – Le utenze, descrizione e stima dei fabbisogni energetici..... | 47 |
| 4.1 Introduzione alla fase operativa..... | 47 |
| 4.2 Descrizione dell’area di intervento..... | 47 |
| 4.3 Raccolta dati | 49 |
| 4.4 Descrizione area Corte Pinelli e Corte Pinelli A.T.E.R. | 50 |
| 4.5 Descrizione area via Sandelli | 52 |
| 4.6 Descrizione area cooperativa Città So.La.Re | 54 |
| 4.7 Descrizione area parrocchia del Crocefisso..... | 56 |
| 4.8 Le utenze, descrizione teorica | 57 |
| 4.9 Stima del fabbisogno di energia primaria degli edifici | 60 |
| 4.10 Determinazione delle curve di carico annuali | 65 |
| 4.11 Determinazione curve di carico giornaliere | 68 |
| 4.12 Determinazione curva di carico cumulata..... | 74 |
| CAPITOLO 5 – Analisi tecnica..... | 77 |

| | | |
|--|---|-----|
| 5.1 | Il motore a combustione interna | 78 |
| 5.2 | Combustibile scelto per l'alimentazione..... | 81 |
| 5.3 | Analisi delle curve e ipotesi impiantistiche..... | 82 |
| 5.4 | Localizzazione della centrale..... | 96 |
| 5.5 | Potenziati utenze allacciabili | 99 |
| 5.6 | Tipologie di reti di distribuzione | 100 |
| 5.7 | Conversione dal riscaldamento autonomo e centralizzato al teleriscaldamento ... | 102 |
| CAPITOLO 6 – Considerazioni sociali..... | | 107 |
| 6.1 | I vantaggi del teleriscaldamento..... | 107 |
| 6.2 | Descrizione sociale delle utenze | 110 |
| 6.3 | Sensibilizzare i cittadini: perché è importante..... | 111 |
| 6.4 | Come sensibilizzare gli utenti e i cittadini in generale..... | 112 |
| 6.5 | Obiettivi raggiunti: riduzione delle emissioni e caldaie evitate | 114 |
| 6.6 | Valutazione impatto estetico | 118 |
| 6.7 | Replicabilità del progetto..... | 121 |
| CONCLUSIONI..... | | 123 |
| BIBLIOGRAFIA..... | | 127 |
| ALLEGATI | | 129 |
| RINGRAZIAMENTI..... | | 135 |

INTRODUZIONE

I cambiamenti climatici rappresentano un fenomeno attuale di consistente entità, le valutazioni riportate nell'ultimo report eseguito da IPCC¹, associano all'attività umana la responsabilità del 95% di alcuni cambiamenti avvenuti nell'ambiente, come l'incremento della temperatura media terrestre di 0,85 °C e del livello dei mari di 19 cm nell'ultimo secolo. Solamente negli ultimi decenni è aumentata, in misura sempre più importante, l'attenzione verso l'ambiente e più in dettaglio per il riscaldamento globale, causato dall'enorme quantitativo di emissioni di gas serra rilasciate nell'atmosfera e derivanti da un'attività umana ricca di sprechi e di inefficienze. All'aumento della temperatura terrestre contribuisce il costante incremento della popolazione, che nel 2030 è stimata attorno a 8,5 miliardi e che richiederà e consumerà sempre più energia guidando i livelli di CO₂ verso valori pericolosi. La concentrazione naturale di anidride carbonica ha avuto oscillazioni costanti per oltre 800.000 anni, rimanendo sempre sotto la soglia delle 300 ppm. Dopo l'avvento della rivoluzione industriale ha subito un incremento notevole fino a raggiungere le 400 ppm, valori critici in grado di creare danni all'ambiente e alterare gli ecosistemi terrestri.

Il problema ambientale è strettamente legato a quello energetico e quest'ultimo, considerato uno dei settori maggiormente responsabile delle emissioni di gas climalteranti, risulta uno dei nodi che deve essere affrontato e risolto in tempi brevi, per contenere i danni recati al nostro pianeta. Risulta fondamentale trovare modelli di sviluppo più sostenibili e investire in risorse e tecnologie per ridurre le emissioni di gas a effetto serra. Per far ciò è necessario delineare percorsi e azioni che promuovano l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili, da compiere sia individualmente che collettivamente. A livello individuale ciascuno di noi può fare molto nella vita di tutti i giorni, modificando le proprie abitudini in comportamenti più sostenibili, quali cambiare mezzo di trasporto o rendere meno inquinante la propria abitazione, integrando impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile e agendo migliorando l'efficienza energetica dell'edificio e degli impianti. Ma questo contributo, positivo e utile, non è sufficiente per ottenere un effetto su larga scala, il quale necessita di politiche collettive e concrete. Per queste ragioni molti governi hanno deciso di firmare accordi internazionali, con l'obiettivo di ridurre le emissioni di anidride carbonica e contenere l'incremento del riscaldamento globale. A livello mondiale, il Protocollo di Kyoto rappresenta l'accordo più importante, entrato in vigore nel 2005 e prolungato in seconda fase, fino al 2020. L'Unione Europea ha ratificato il Protocollo di Kyoto in entrambe le fasi, avviando una serie di azioni a breve e a lungo termine, mirate a contrastare i cambiamenti

¹ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, è un gruppo di lavoro organizzato dalle Nazioni Unite, dove scienziati provenienti da tutto il mondo studiano i cambiamenti climatici.

climatici, come l'iniziativa "Patto dei Sindaci". Questo movimento coinvolge le autorità locali a incrementare l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonti rinnovabili con l'obiettivo di ridurre le emissioni di CO₂ del 20%, rispetto all'anno base 1990, entro l'anno 2020.

La città di Padova da molti anni è attiva sul campo della sostenibilità energetica ed è sensibile a tutte le tematiche associate all'ambiente e al clima. Il Comune di Padova ha aderito a diverse campagne europee, come la Campagna Europea dell'Energia Sostenibile (SEE) nel maggio del 2008, e al "Patto dei Sindaci" nel maggio 2010. Proprio quest'ultima rappresenta uno dei progetti più ambiziosi e lungimiranti per contribuire dinamicamente alla riduzione delle emissioni di CO₂. Il Comune di Padova, come richiesto per tutti i firmatari del Patto, ha sviluppato una serie di iniziative e di azioni strategiche racchiuse e descritte nel documento denominato Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile, PAES. Tutti i provvedimenti descritti sono realizzati per tener fede all'impegno preso e sono oggetto di monitoraggi e integrazioni con una periodicità biennale. Padova, infine, è stata una delle prime amministrazioni italiane ad aver aderito alla campagna lanciata dall'Unione Europea e ad oggi, con un monitoraggio attualmente in fase di aggiornamento, le azioni poste in campo hanno raggiunto circa il 25% dell'obiettivo stabilito per l'anno 2020, valore positivo che fa ben sperare per la corretta riuscita del progetto. Con la finalità di fornire una soluzione valida per implementare le azioni già presenti nel PAES, è nato il mio progetto di tesi.

Il lavoro di tesi è stato svolto durante un periodo di tirocinio presso l'ufficio Informambiente del Settore Ambiente e Territorio del Comune di Padova. L'ufficio si occupa di promuovere l'educazione ambientale nelle scuole, di divulgare tutte le informazioni riguardanti i cambiamenti climatici ed è sede dell'Ufficio Agenda 21 che promuove la sostenibilità energetica locale attraverso incontri, iniziative e progetti, coinvolgendo tutte le realtà sociali che intendono assumere un ruolo di cittadinanza attiva. Inoltre, Informambiente cura lo sviluppo di vari progetti europei, indirizzati verso la sostenibilità energetica collaborando anche con le Università e le scuole locali.

Il progetto di tesi è stato sviluppato sulla possibilità di riqualificare una zona di un quartiere di Padova, promuovendo l'efficienza energetica e una gestione più razionale dell'energia, realizzando un modello di facile replicabilità in altri quartieri di Padova o in altre città italiane ed estere. Il progetto, inoltre, non ha solamente una valenza tecnica ma anche sociale, nata dall'idea di coinvolgere direttamente gli utenti, e più in generale anche tutti i cittadini, attraverso diverse partecipazioni, cooperazioni e percorsi di sensibilizzazione. Questo studio, oltre ad esaminare la fattibilità di installazione di un impianto cogenerativo connesso ad una rete di teleriscaldamento in una zona urbana ben consolidata, ha permesso di sviluppare varie configurazioni impiantistiche

basate sul grado di partecipazione da parte degli utenti che saranno interessati dall'intervento. Più dettagliatamente, le possibili localizzazioni e disposizioni dell'impianto o parte di esso, influenzeranno la collaborazione delle utenze, le quali in cambio di vantaggi economici potranno rendere disponibili componenti dell'impianto, come le caldaie, o i luoghi in cui localizzare la centrale. L'aspetto sociale è risultato fondamentale per incrementare il beneficio economico e ambientale, coniugando il miglioramento della qualità della vita e la coesione sociale tra gli utenti. La tesi è sviluppata in sei capitoli: i primi tre introducono la parte teorica, mentre i restanti tre descrivono la parte operativa. Nel primo capitolo si introduce la campagna "Patto dei Sindaci" promossa dall'Unione Europea, descrivendo gli obiettivi da raggiungere e gli obblighi da rispettare per gli enti pubblici che decidono di sottoscrivere il Patto. E' descritta l'adesione del Comune di Padova, evidenziando le principali aree di intervento e la strada scelta per raggiungere gli obiettivi. E' importante sottolineare come l'amministrazione comunale giochi un ruolo strategico sia per abbattere i consumi e i costi di gestione degli edifici pubblici, sia per promuovere la diffusione delle fonti di energia rinnovabili e di comportamenti sostenibili per un uso migliore ed efficiente delle risorse energetiche. Il secondo capitolo è dedicato alla cogenerazione, indicata come soluzione fortemente consolidata per incrementare l'efficienza energetica abbattendo gli sprechi e riducendo l'impiego di combustibili fossili. La cogenerazione attualmente ricopre un ruolo importante per conseguire migliori utilizzi dei combustibili, sia da fonte fossile che rinnovabile, per aumentare i rendimenti dei processi di produzione dell'energia e per recuperare energia che in condizioni tradizionali sarebbe dispersa nell'ambiente. Nel terzo capitolo si descrivono i nuovi modelli di distretti energetici, evidenziando come queste frontiere di sviluppo siano valide per ridurre gli sprechi e aumentare l'efficienza sia all'atto della produzione che nell'utilizzo di energia. Inoltre, si descrivono le fonti di inefficienze nel settore civile, proponendo una serie di interventi mirati alla riduzione dei consumi e all'incremento della qualità degli edifici.

Infine, gli ultimi tre capitoli rappresentano la parte operativa della tesi. Il quarto capitolo descrive tutte le utenze facenti parte del progetto, analizza le diverse tipologie di utenza e, nel dettaglio, ogni singolo edificio. In più introduce e spiega il metodo di calcolo utilizzato per stimare i fabbisogni di energia in base alla tipologia dell'edificio. Il quinto capitolo racchiude la soluzione tecnica proposta, descritta dalla tipologia di intervento e dall'aspetto sociale ad esso collegato. Infine, il sesto capitolo sottolinea l'importanza di promuovere comportamenti sostenibili attraverso percorsi di sensibilizzazione, come realizzare tali percorsi in base alla tipologia d'utenti, ed evidenzia i potenziali obiettivi ambientali conseguibili e le possibili aree comunali di replicabilità dell'intervento.

CAPITOLO 1 – Il Patto dei Sindaci

1.1 I cambiamenti climatici

Per migliaia di anni gli uomini hanno creduto che nulla potesse alterare l'equilibrio del pianeta terra, che le risorse presenti fossero disponibili in quantità illimitate e che il loro utilizzo non recasse alcun tipo di danno all'ambiente. Purtroppo questa visione così attraente, ma allo stesso tempo illusoria, del nostro pianeta ha avuto un radicale cambiamento concretizzando, invece, una realtà totalmente diversa e verace. Solamente negli ultimi decenni è aumentata l'attenzione e la consapevolezza verso i danni che le diverse attività umane hanno recato al pianeta, e del rapido esaurimento delle risorse naturali. I nostri antenati inoltre, non potevano di certo immaginare che a partire dalla rivoluzione industriale, avvenuta nel '700, la concentrazione di gas serra sarebbe aumentata esponenzialmente e che dalla metà del novecento la popolazione della terra sarebbe incrementata in modo smisurato. Attualmente siamo quasi 7 miliardi, siamo tanti, la popolazione è destinata ad aumentare negli anni e di conseguenza il consumo di energia è destinato a crescere e le risorse ad esaurirsi. Nonostante l'esistenza di questi segnali negativi, non siamo stati ancora in grado di realizzare politiche ed azioni complete e mirate alla salvaguardia del nostro pianeta.

La terra è circondata da un involucro chiamato atmosfera, dentro al quale circola l'aria. L'atmosfera è una protezione ben organizzata, per mezzo dell'effetto serra naturale permette di mantenere una temperatura ottimale per le condizioni di sopravvivenza nel nostro pianeta. L'effetto serra è un fenomeno naturale in cui i gas serra giocano un ruolo fondamentale: hanno la capacità di trattenere una parte del calore che il sole fornisce quotidianamente alla terra, permettendo dunque, di mitigare la temperatura all'interno dell'atmosfera, isolandola da elevate escursioni termiche che si verificherebbero in assenza di essa. L'effetto serra connesso all'intensa attività umana è denominato effetto serra antropico: i gas nocivi come l'anidride carbonica, il metano, gli HCFC, i CFC² prodotti dall'uomo, hanno la caratteristica di assorbire una quota importante della radiazione infrarossa, limitando la capacità di smaltire il carico termico della terra. Le cause dell'aumento della concentrazione di gas serra, con conseguente alterazione dell'effetto serra naturale, sono duplici: da un lato, le crescenti emissioni che dipendono dalla combustione di fonti fossili a scopo energetico per il settore pubblico, civile, industriale, dall'altro lato, la progressiva distruzione delle foreste che, grazie al processo di fotosintesi clorofilliana, sono in grado di assorbire buona parte dell'anidride carbonica prodotta. La combustione di sostanze contenenti carbonio, comprendente quindi tutti i combustibili fossili, comporta l'immissione in

² HCFC e CFC: sono rispettivamente gli acronimi di Idro Cloro Fluoro Carburi e Cloro Fluoro Carburi.

atmosfera di uno dei gas serra più responsabile del danno ambientale: l'anidride carbonica, oltre alle emissioni di metano e ossido di azoto. Tutto ciò, complessivamente, è riconducibile ad un'attività umana poco controllata e soprattutto invisibile al danno ambientale ad essa connesso. Alle problematiche descritte si aggiunge il deterioramento della fascia di ozono che circonda la terra. L'intensa immissione dei gas nocivi prodotti dall'uomo ha danneggiato fortemente il rivestimento di ozono, creando un buco che permette ai raggi ultravioletti, provenienti dal sole, di penetrare. Questi raggi hanno già cominciato a generare danni al clima terrestre, alla salute degli uomini, degli animali e della natura.

Molti studi, realizzati appositamente con la finalità di determinare le possibili conseguenze dovute all'aumento incontrollato di gas ad effetto serra nell'atmosfera, prevedono che si avrà un incremento della temperatura terrestre. Secondo le stime più ottimistiche sarà attorno ad 1°C, mentre secondo le più pessimistiche sarà di circa 6°C. La diversità delle previsioni dipende da scenari differenti basati sulla variabilità dei possibili sviluppi sociali ed economici, che senz'altro influenzerebbero le future emissioni di gas serra. Un aumento incontrollato della temperatura comporterebbe eventi catastrofici: da un lato un aumento del livello dei mari, sia per la dilatazione dell'acqua che per lo scioglimento delle calotte polari; dall'altro, un'alterazione considerevole del ciclo dell'acqua³. Modificando il ciclo dell'acqua si verificherebbe uno squilibrio delle entità delle precipitazioni creando periodi di siccità e di inondazioni. Negli ultimi anni infatti, si sono verificate situazioni anomale in molte regioni italiane e in molti paesi del mondo. Per citare alcuni esempi che si sono verificati recentemente, basta pensare alle recenti alluvioni in Veneto, ai tifoni e uragani, di entità mai riscontrate, avvenuti in America e in Giappone. La consapevolezza dell'ormai irreversibilità dei cambiamenti climatici, dovuti alle attività dell'uomo, ha condotto molti Paesi a sottoscrivere accordi internazionali per limitare l'entità delle emissioni di gas serra. Uno dei più importanti provvedimenti attuati e attualmente in vigore, è il Protocollo di Kyoto.

Infine, concludendo, è inutile nascondere che l'uomo per svolgere le sue attività ha bisogno di molta energia, una risorsa fondamentale per il funzionamento di beni e servizi, come macchinari industriali, automobili, sistemi per il riscaldamento e per l'illuminazione. La complicazione peggiore è correlata al nostro stile di vita, ricco di comodità e di sprechi, che ci sollecita a consumare quantità di energia sempre più importanti. L'energia da noi utilizzata deriva per il 90% da fonti non rinnovabili, ovvero esauribili, e per poterle utilizzare è necessario trasformarle con processi che convertono solo una parte dell'energia e contemporaneamente emettono elevate tonnellate di anidride carbonica, con conseguente aumento del danno ambientale.

³ Ciclo dell'acqua: è un movimento che l'acqua effettua nella, sulla e al di sopra della terra. L'acqua presente nella terra è in continuo movimento e si trasforma da liquida a vapore e a ghiaccio.

Per questo motivo il nostro pianeta ha bisogno di cure precise ed efficaci.

La prima conferenza finalizzata ad affrontare i problemi legati al cambiamento del clima fu organizzata dalle Nazioni Unite a Rio de Janeiro nel 1992. L'incontro terminò con l'adesione al documento "Convenzione quadro dell'ONU sui cambiamenti climatici", un primo trattato importante, ma che non forniva obblighi per il tema della riduzione delle emissioni, indicando solamente la necessità, negli anni seguenti, di adottare protocolli con regole sulle emissioni. Il trattato entrò in vigore nel 1994 e costituì la base per le successive conferenze che furono poi protagoniste del primo e vero protocollo firmato a Kyoto.

Il Protocollo di Kyoto rappresenta uno dei primi provvedimenti applicati per contrastare il fenomeno del riscaldamento globale. E' un accordo internazionale, di natura volontaria, stipulato da più di 180 Paesi l'11 Dicembre del 1997 nella città giapponese di Kyoto, in occasione della "Conferenza COP3" della Convenzione quadro della Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, ma entrato effettivamente in vigore il 16 Febbraio 2005. Il protocollo incide soprattutto sui paesi già economicamente sviluppati, ritenuti i primi responsabili dell'attuale situazione. Attualmente i Paesi aderenti contribuiscono per il 61,6% alle emissioni di gas serra mentre gli Stati Uniti, che non hanno mai ratificato il protocollo, contribuiscono per il 36,2% alle emissioni di gas serra. La prima fase del trattato ha previsto l'obbligo di adottare misure per ridurre le emissioni di gas serra dannosi per l'ambiente in misura del 5% nel periodo 2008-2012, rispetto alle emissioni registrate all'anno base 1990. La seconda fase inizia nel 2012, anno in cui viene rinnovato l'accordo, vengono intrapresi obiettivi più ambiziosi e lungimiranti. E' per questo che l'Unione Europea ha definito una strategia improntata sulle seguenti sfide, da conseguire entro l'anno 2020:

- Aumentare del 20% la produzione di energia da fonti rinnovabili.
- Ridurre del 20% dei consumi energetici.
- Ridurre del 20% delle emissioni di anidride carbonica.

Per raggiungere gli obiettivi prescritti è necessario intraprendere una crescita intelligente, sostenibile e distintiva in cui gli enti locali, le scuole, le imprese, i cittadini e tutte le altre istituzioni agiscano insieme. Con l'intenzione di coinvolgere direttamente i governi locali e i cittadini nella lotta contro il riscaldamento globale, la Commissione Europea ha lanciato, nell'anno 2008, la Campagna "Patto dei Sindaci".

1.2 Il patto dei sindaci: un'iniziativa importante contro i cambiamenti climatici

Il Patto dei Sindaci è la principale iniziativa promossa dalla Commissione Europea, coinvolge attivamente tutte le città europee e le indirizza verso un percorso che promuove l'aumento della sostenibilità energetica ed ambientale. In ingegneria energetica con il termine energia sostenibile

si definisce una modalità di produzione e utilizzo di energia che permette di avere uno sviluppo sostenibile, consente di utilizzare le varie fonti di energia senza pregiudicare lo stesso tipo di esercizio per le generazioni future. Il concetto di sostenibilità ha tre punti chiave:

- produzione: si fornisce la priorità alle energie rinnovabili;
- utilizzo: consiste nell'utilizzo di fonti di energia attuando il risparmio energetico e il miglioramento dell'efficienza energetica;
- impatto ambientale: garantire un basso o nullo inquinamento e monitorare le emissioni di gas serra.

Come visto, questo nuovo approccio va ben oltre alla sola azione di produzione dell'energia, si cerca di integrare tra loro i punti descritti per valorizzare sistemi di produzione, distribuzione e utilizzo dell'energia più sostenibili dall'uomo e dall'ambiente, preferendo quindi, reti di generazione distribuita che facciano perno sullo sfruttamento locale delle risorse, invece che su grandi impianti centralizzati. L'interesse per l'ambiente è noto per la riduzione delle emissioni delle principali sostanze nocive, frutto di utilizzi poco efficienti e del tutto tradizionali di combustibili fossili, e per la riduzione degli inquinanti già presenti nell'atmosfera.

L'iniziativa del Patto dei Sindaci è stata lanciata dalla Commissione il 29 Gennaio 2008, nell'ambito della seconda edizione della Settimana Europea dell'Energia Sostenibile. Attualmente le città che hanno aderito sono oltre 1600, con 20 capitali europee e numerose città di paesi non membri dell'UE. In totale i firmatari del patto ammontano a 6486⁴. L'Italia risulta il primo paese per numero di firmatari, sono circa 2750, tra cui comuni coinvolti sia singolarmente, sia in associazione con altri comuni. Il coordinatore nazionale del Patto dei Sindaci è l'agenzia ENEA, che crea un punto di riferimento tecnico e scientifico a disposizione delle amministrazioni locali nella realizzazione dei piani di azione per l'energia sostenibile.

Le amministrazioni locali, sottoscrivendo il Patto, si impegnano volontariamente e concretamente a combattere contro il cambiamento climatico con soluzioni mirate ad oltrepassare gli obiettivi imposti dall'UE in termini di riduzione delle emissioni di anidride carbonica, migliorando di fatto la qualità della vita dei cittadini. Le città aderenti al Patto devono concentrare le proprie politiche nei temi del risparmio e dell'efficienza energetica. Per pervenire a tale obiettivo tutti i firmatari si impegnano a:

- creare un Inventario Base delle Emissioni (IBE) di gas ad effetto serra, espressi in tonnellate equivalenti di CO₂;
- presentare un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES), dove si inseriscono tutte le azioni concrete da realizzare sul territorio comunale per poter ridurre le emissioni di CO₂

⁴ Dato aggiornato al 21/03/2016 e consultabile presso il sito www.pattodeisindaci.eu

almeno del 20% entro il 2020. Il PAES deve essere approvato dal consiglio comunale della città firmataria;

- presentare, con una periodicità di due anni, un report sull'attuazione del PAES per mostrare i progressi del piano, i risultati provvisori ottenuti e per aggiornare la struttura degli obiettivi del Piano in conseguenza di nuove informazioni disponibili, di diverse politiche o in relazione alla variazione dei contesti economico e/o tecnologico. Anche in questo caso, dopo aver modificato il documento è necessaria l'approvazione da parte del consiglio comunale della città.

Questi primi punti rappresentano le attività che devono essere obbligatoriamente svolte dagli enti aderenti. In secondo luogo, possono essere implementate le azioni in modo da fornire maggior risalto e pubblicità al Patto dei Sindaci. In particolare i vari enti possono promuovere l'iniziativa interagendo con i cittadini e con i comuni limitrofi, creando eventi e workshop tematici dedicati al fine di esporre i risultati ottenuti e le azioni in previsione, incoraggiando e aiutando i governi locali che non hanno, per ragioni di vario genere, la possibilità di rispondere ai requisiti sopra elencati con le proprie risorse e capacità.

1.3 Il Patto “passo dopo passo”: processo che i firmatari dovranno affrontare per tener fede ai loro impegni

Le amministrazioni locali, grazie alla vicinanza con i cittadini, sono in una posizione ideale per affrontare le sfide in maniera interattiva e competitiva. Tra i principali settori da coinvolgere, per raggiungere gli obiettivi prefissati, si focalizza l'attenzione in una mobilità urbana più pulita e sostenibile, nella riqualificazione energetica degli edifici pubblici e privati e nella sensibilizzazione dei cittadini in tema di consumi energetici.

Il percorso che i firmatari del Patto devono eseguire è rappresentato da tre fasi principali:

- Fase 1: Firma del Patto dei Sindaci, comprende le seguenti attività:
 - Creazione di adeguate strutture amministrative: per fare in modo che il Patto dei Sindaci riscontri successo è necessario che le strutture amministrative interne siano adeguate e ottimizzate. Bisogna dunque assegnare a determinati settori, con idonee competenze, risorse umane e finanziarie sufficienti a garantire l'attuazione degli impegni assunti. Inoltre si richiede collaborazione e coordinamento tra i vari settori amministrativi: ambiente, edilizia, verde pubblico e finanziario.
 - Sviluppo dell'inventario base delle emissioni: tutti i firmatari del Patto devono realizzare un IBE in modo da quantificare le tonnellate di anidride carbonica

emessa e legata al consumo di energia nel territorio firmatario del patto. L'IBE permette inoltre di individuare le primarie fonti di emissione di CO₂ e le potenziali soluzioni per la loro riduzione.

- Fase 2: Presentazione del PAES, comprende le seguenti attività:
 - Per attuare il PAES è necessario avere risorse di natura economica e temporale. Il PAES, a seconda del comune, racchiude un numero di azioni variabile e spesso integrabile, quindi bisogna avere tempo e mezzi finanziari oltre ad una corretta informazione e coordinazione tra gli enti che lo gestiscono.
 - Monitoraggio dell'avanzamento: l'azione di monitoraggio è un processo direttamente connesso al PAES. Permette ai governi locali di poter misurare l'efficacia delle azioni attuate. Poter effettuare una valutazione periodica ed eventuali modifiche permette di avviare un miglioramento costante e continuativo del processo.
- Fase 3: Presentazione periodica dei rapporti di attuazione: unica attività:
 - Prevede la consegna obbligatoria di un rapporto sull'attuazione del proprio PAES ogni due anni dalla presentazione del PAES. In questi rapporti si certifica la congruenza dei risultati intermedi a fronte degli obiettivi preposti in termini di misure attuate e di riduzione delle emissioni di CO₂. Tutti i rapporti delle città saranno pubblicati sul sito web del Patto dei Sindaci riportando i progressi ottenuti.

1.4 Adesione del Comune di Padova

Il comune di Padova ha aderito al Patto dei Sindaci nel Maggio del 2010, con delibera del Consiglio Comunale n.2010/0041 del 10/05/2010, ed ha approvato nel 2011, con delibera del Consiglio Comunale n.2011/0048 del 06/06/2011, il proprio PAES che successivamente è stato approvato dal JRC (Joint Research Center) che si qualifica come struttura scientifica della Commissione Europea a supporto della Campagna.

Il PAES realizzato e approvato dal comune di Padova è costituito da 6 macroaree di intervento che racchiudono numerosi settori: edilizia pubblica e privata, mobilità urbana, illuminazione pubblica, produzione di energia locale e azioni da attuare per adattarsi al cambiamento climatico. Le macroaree sono le seguenti:

1. Nuove energie a zero CO₂.
2. Una città più verde ed efficiente.
3. Reti e servizi intelligenti.

4. Una città che si muove meglio.
5. Un'economia a basse emissioni.
6. Adattarsi al clima.

L'azione di monitoraggio, e quindi la verifica e la valutazione dei progressi effettuati, ha un compito fondamentale: offre la possibilità di eseguire, periodicamente, aggiornamenti e integrazioni per far fronte a tutte le modifiche e cambiamenti che possono verificarsi durante il periodo di osservazione. La città di Padova, nell'anno 2013, ha effettuato il primo monitoraggio del PAES ed ha acquisito di fatto, una descrizione dettagliata dello stato di realizzazione delle opere. Di conseguenza, ha potuto effettuare valutazioni dei risultati ottenuti che a loro modo, hanno fornito l'opportunità di aggiornare il piano d'azione integrando o eliminando i processi non più realizzabili o comunque sostituiti. Infine, dopo le eventuali correzioni, ha rilasciato un nuovo PAES aggiornato.

Il PAES deve essere inteso come strumento finalizzato alla cooperazione di tutti i settori della città. La città di Padova ha deciso di svilupparlo in collaborazione e partenariato con soggetti pubblici e privati e con tutti i soggetti che hanno le capacità per collaborare con il comune al fine di ottenere gli obiettivi preposti.

Per concludere, è di notevole importanza sottolineare le numerose iniziative già avviate, e in gran parte realizzate, da parte del Comune come: ristrutturazione e miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici comunali, promozione ed incentivazione dell'utilizzo di risorse rinnovabili per la produzione di energia, mobilità urbana sostenibile, riduzione consumi dell'illuminazione pubblica, mobilità più efficiente e meno inquinante e una maggiore piantumazione con aumento delle aree verdi.

CAPITOLO 2 – La cogenerazione

2.1 Situazione energetica attuale di riferimento

“Per affrontare seriamente la crisi energetica sembra ormai inevitabile ricorrere massicciamente alla fonte più abbondante di energia che esista, quella meno inquinante, meno costosa, più disponibile immediatamente: cioè il risparmio di energia...”

Secondo certi calcoli, infatti, con il solo risparmio energetico si potrebbe «liberare» tanta energia quanta ne producono da sole le centrali nucleari, e sarebbe quindi più conveniente investire soldi e sforzi nel campo del risparmio anziché in quello della produzione di energia.” (Piero Angela)

Il risparmio energetico rappresenta una nuova forma di energia, permette di sviluppare soluzioni veloci, efficaci ed economiche per ridurre gli sprechi e le emissioni inquinanti di gas climalteranti aumentando la qualità dell'aria.

Le fonti di energia rinnovabile permettono di produrre energia “pulita”, senza introdurre gas ad effetto serra pericolosi e dannosi per l'ambiente, e spesso vengono individuate come unica soluzione per diminuire l'inquinamento ambientale e combattere i cambiamenti climatici. Non si vuole mettere in discussione il fatto che le tecnologie rinnovabili rappresentino l'unica prospettiva, di un futuro non più così lontano, per l'approvvigionamento energetico e risulta quindi indispensabile il loro sviluppo fin da subito, ma attualmente non rappresentano l'unica soluzione nel campo energetico. Esiste un'altra strada che deve essere in ogni caso intrapresa al fine ottenere i massimi risultati in tempi brevi e riguarda l'efficienza energetica. Con il termine tecnico efficienza energetica si identifica un indicatore energetico, che in una trasformazione fisica definisce il rapporto tra l'energia utile e l'energia impiegata in ingresso. Migliorare l'efficienza energetica significa sviluppare misure ed interventi per rendere disponibili determinati livelli di beni e servizi, uguali o superiori a quelli di partenza, attraverso l'utilizzo di una quantità minore di energia primaria, generando quindi un risparmio. In altre parole, migliorare l'efficienza energetica equivale a garantire alle utenze output maggiori o uguali a quelli di partenza, ma utilizzando meno materia prima in input per produrli, con annessi benefici energetici, ambientali ed economici. La strada migliore verso il risparmio è costituita da una riduzione dei consumi e dall'integrazione di tecnologie più efficienti. E' necessario entrare quindi in un'ottica in cui per ottenere eccellenti risultati nel mondo del risparmio energetico bisogna, oltre a promuovere lo sviluppo delle energie rinnovabili, migliorare l'efficienza energetica in tutti i settori: industriali e civili. Il risparmio e

l'efficienza energetica possono essere applicati a tutti i livelli: dalla produzione al consumatore finale passando per i sistemi di trasporto e distribuzione.

Tutte le manovre relative all'efficienza energetica devono essere ben calibrate al fine di evitare riscontri negativi. Il sistema di sostegno per migliorare l'efficienza energetica deve essere equilibrato e comporta conseguenze sia positive che negative: positive perché si dà origine a nuovi incentivi per l'economia, negative perché diminuiscono le rendite di alcune società nazionalizzate o privatizzate, che spesso infatti non forniscono aiuti per l'incremento dell'efficienza risultando così in controcorrente con la tendenza attuale. In primo luogo migliorare l'efficienza energetica permette di ridurre i costi, di investire in tecnologie innovative, di creare posti di lavoro e su larga scala di aumentare il PIL Nazionale; in secondo luogo invece, ridurre i consumi vuol dire minori incassi per le aziende venditrici di energia, tempi di ritorno degli investimenti eseguiti da tali aziende più lunghi e creazione di un mercato più concorrenziale con conseguenti prezzi al ribasso. L'efficienza energetica permette di cercare nuovi stimoli per una competitività maggiore in ambito economico ma allo stesso tempo rischia di rompere equilibri ben consolidati. In un mondo in continua evoluzione risulta necessario attuare processi di cambiamento graduali e strategie con obiettivi chiari e misurabili in modo da evitare possibili conseguenze negative.

Dall'ultimo monitoraggio eseguito da BP Statistical Review of World Energy⁵ si nota che l'impiego di combustibili fossili ricopre una percentuale nettamente superiore rispetto alle fonti rinnovabili:

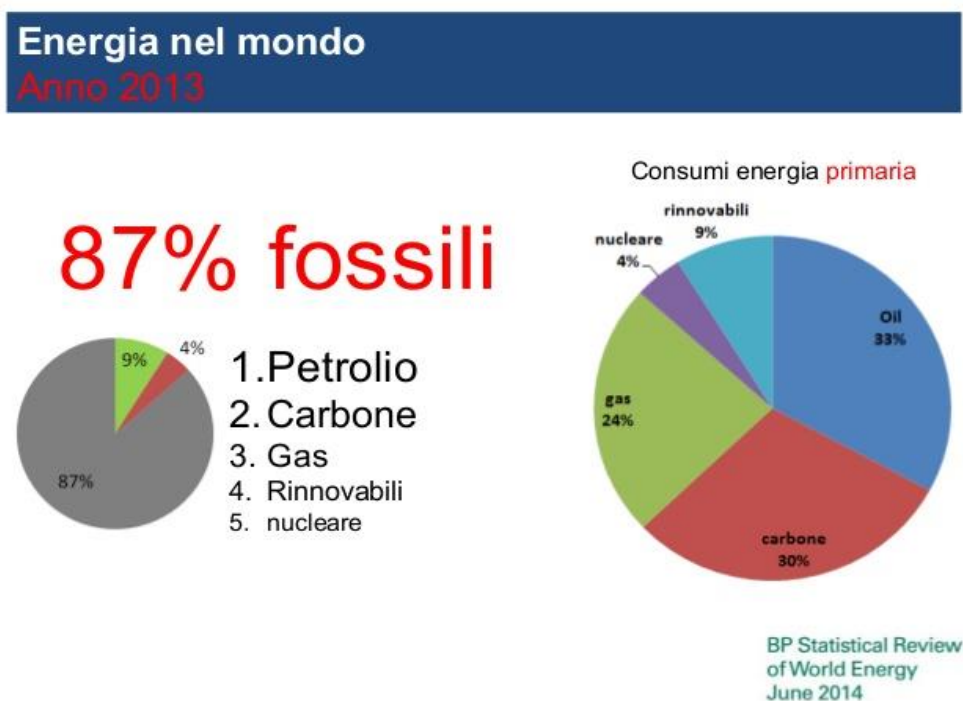


Figura 2.1: consumi di energia primaria nel mondo – anno 2013.

⁵ BP Statistical Review of World Energy è una multinazionale che fornisce servizi energetici.

Questa statistica risale all'anno 2013 e dimostra che l'87% di energia primaria deriva da fonti fossili, un dato del tutto sconcertante essendo a conoscenza che la scadenza del protocollo di Kyoto, nel 2020, non è poi così distante. Eseguendo un'analisi più approfondita si può rilevare che, negli impieghi finali dell'energia, il settore civile presenta un livello carente di efficienza energetica. All'interno di questo settore infatti, quello edilizio risulta essere sempre al primo posto nell'attuazione di provvedimenti, a breve termine, indirizzati verso una riduzione dei consumi: attraverso azioni di coibentazione delle superfici opache e solai, di sostituzioni infissi, impianti di riscaldamento e terminali d'impianto si possono abbattere i consumi del 90%. Il seguente diagramma, ha lo scopo di dare un'idea sulla quantità energia che viene impiegata nel settore civile.

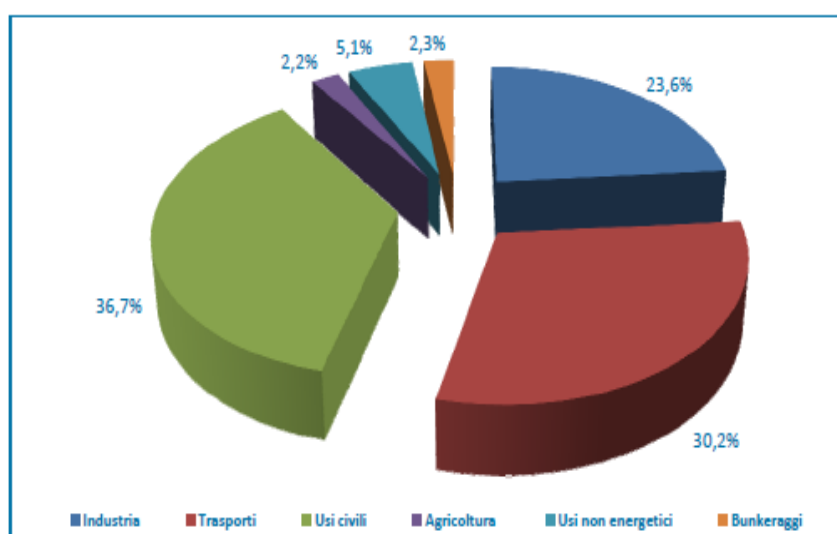


Figura 2.2: impieghi finali di energia per settore - anno 2012.

Una fra le tante tecnologie sviluppate per aumentare il risparmio di energia e sfruttare efficacemente il combustibile è la cogenerazione permette infatti, di migliorare l'efficienza energetica subito a monte del problema quindi direttamente nell'atto di produzione di energia.

2.2 Il principio della cogenerazione

La cogenerazione è definita come la produzione combinata e simultanea, in un unico processo, di energia meccanica, solitamente trasformata in energia elettrica, e di calore, da un impianto che utilizza una sola fonte energetica in ingresso. La produzione combinata di energia elettrica e di calore trova applicazione sia in ambito industriale che in quello civile. In entrambi i casi il calore viene utilizzato sotto forma di acqua calda o vapore, nel primo caso il calore prodotto è consumato nei vari processi industriali presenti nel sito di produzione, mentre nel secondo caso invece, l'uso nel campo civile riscontra spesso difficoltà nel trasporto a lunghe distanze e viene utilizzato nelle reti di riscaldamento urbano, si parla dunque di teleriscaldamento. Il calore può essere trasportato

e utilizzato anche nella stagione estiva utilizzando macchine ad assorbimento, si parla, in questo caso, di teleraffrescamento. L'energia elettrica non ha i problemi di trasporto che si verificano con il calore, in quanto l'impianto è sempre allacciato alla rete di distribuzione e quindi è possibile autoconsumare l'energia prodotta, immetterla e prelevarla dalla rete in funzione dei propri consumi.

La cogenerazione è una tecnologia matura e ben consolidata, può fornire un contributo di notevole importanza in termini di benefici ambientali e riduzione dell'inquinamento, soprattutto in vista degli obiettivi europei previsti per l'anno 2020.

Gli impianti cogenerativi rientrano nella categoria di impianti che sfruttano la cascata energetica, utilizzano l'energia termica di scarto di un altro impianto per produrre calore. Come è noto dal secondo principio della termodinamica, non tutta l'energia termica può essere trasformata in energia meccanica, ma una parte di essa deve essere ceduta all'ambiente. Gli impianti termoelettrici utilizzati per la produzione di energia elettrica, cedono calore all'ambiente e proprio quest'ultimo viene utilizzato per alimentare un altro impianto posto in cascata, vale a dire collegato direttamente a valle del primo.

L'impianto cogenerativo risulta essere una scelta intelligente per la produzione dei due vettori energetici anche se non risulta sempre conveniente, è necessario quindi studiare caso per caso e valutarne la convenienza. Spesso trova ampi spazi e vantaggi con tipologie di utenze residenziali e industriali che richiedono, contemporaneamente, entrambe le forme di energia. Esistono altre particolari applicazioni in cui il calore di recupero deriva da processi industriali come nei cementifici, nelle acciaierie e nelle vetrerie.

Gli impianti cogenerativi possono essere realizzati nuovi o ex novo, ovvero si individuano gli impianti di produzione dell'energia che richiedono interventi di manutenzione molto costosi e si decide di rigenerarli rendendoli cogenerativi al fine di ridurre le spese, le emissioni di CO₂ e NO_x, migliorare i rendimenti e godere di particolari incentivi, come verrà descritto in seguito. La cogenerazione non è considerata energia rinnovabile e l'unico fine che si pone è quello di sfruttare, con il miglior rendimento possibile, l'energia contenuta nel combustibile ottenendo una riduzione dei consumi e di conseguenza un minor impatto e inquinamento ambientale.

Gli impianti di riferimento per la produzione di energia elettrica sono le centrali termoelettriche, il parco termoelettrico italiano fornisce dati dei rendimenti pari a 40-45% mentre, per la produzione di energia termica si utilizzano come impianti di riferimento le caldaie, che convertono l'energia posseduta dal combustibile in energia termica attraverso la combustione, con rendimenti circa tra l'80% e il 90%. Per porre in evidenza il risparmio energetico che si consegue utilizzando un impianto cogenerativo al posto della produzione separata di energie elettrica e di

calore, a parità di effetto utile, si riporta il seguente esempio:

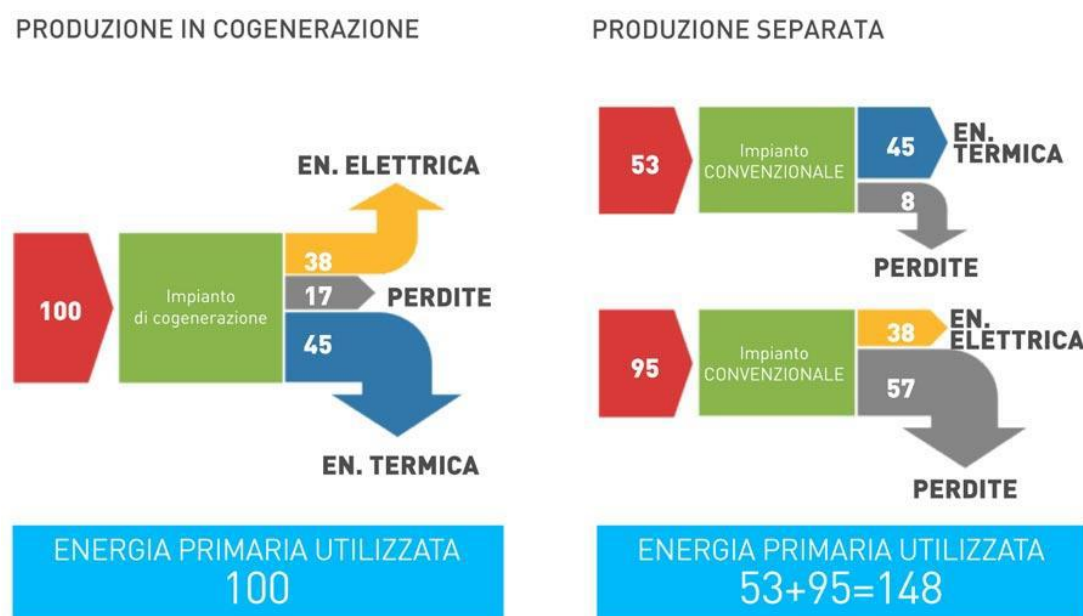


Figura 2.3: esempio differenza tra produzione in cogenerazione e produzione separata.

Si può notare che l'effetto utile consiste nella produzione di 38 unità di energia elettrica e 45 unità di energia termica.

- Nel primo caso l'impianto cogenerativo consuma 100 unità di combustibile per fornire 38 unità di energia elettrica, 45 unità di calore e 17 unità di perdite per un rendimento complessivo, determinato dal rapporto energia utile prodotta/energia primaria, pari a 83%.
- Nel secondo caso invece le unità vengono prodotte separatamente: si ipotizza di produrre le 45 unità di energia termica con una caldaia con rendimento termico circa dell'85%, e di produrre le 38 unità di energia elettrica con un impianto convenzionale termoelettrico di rendimento pari al 40%. Si nota che, per la produzione separata di energia e di calore utile, vengono richieste complessivamente 148 unità di combustibile e si hanno 65 unità di perdite.

Il risparmio energetico, che deriva dall'utilizzo di un impianto cogenerativo rispetto alla produzione separata delle due grandezze, è del 32% circa. Questo è il principio della cogenerazione: poter riutilizzare una parte di energia che altrimenti sarebbe stata dispersa e quindi sprecata.

La cogenerazione gode di vantaggi di natura ambientale, economica e energetica:

- si riduce l'impatto ambientale grazie alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e alla riduzione della dispersione dell'energia termica di scarto all'ambiente.

- Si riduce la dipendenza dalle fonti fossili con duplice vantaggio sia ambientale che economico.
- Si recupera energia termica che sarebbe inutilizzata e dispersa, si ha quindi un minor consumo di combustibile e di conseguenza un risparmio economico.
- Gli impianti cogenerativi sono localizzati in prossimità delle utenze, in quanto l'energia termica è di difficile trasporto, porta dunque il vantaggio di minori perdite di trasmissione e di distribuzione dell'energia elettrica attraverso il sistema elettrico nazionale o eventuale assenza di esse, in caso di autoconsumo.
- Si può accedere agli incentivi ottenendo benefici economici.

2.3 Cenni alla normativa e vantaggi della cogenerazione

Il Parlamento Europeo, consapevole delle potenzialità di questa tipologia di impianti, ha provveduto ad emanare riforme necessarie per il loro riconoscimento. L'attenzione verso questa tecnologia impiantistica è stata attirata dall'efficienza e dall'innovazione introdotta. Il parlamento europeo infatti, ha ritenuto di estrema importanza favorire lo sviluppo e la divulgazione della cogenerazione per utilizzarla, come uno degli strumenti principali, per il rapido raggiungimento degli obiettivi previsti nel Protocollo di Kyoto.

La prima normativa in Italia è stata emanata il 19 Marzo 2002, delibera 42/02 da parte dell'AEEG, la quale rappresenta l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, su mandato del Decreto Legislativo del 16 Marzo 1999, in cui si incaricava, appunto, l'AEEG di definire a quali condizioni la produzione combinata di energia elettrica e di calore può chiamarsi cogenerazione e godere dei relativi benefici di legge.

La delibera 42/02 riporta la definizione esatta di cogenerazione, di seguito si descrivono i punti salienti: un impianto di produzione combinata di energia e di calore è un sistema integrato che converte l'energia primaria di una qualsiasi fonte di energia, nella produzione congiunta di energia elettrica e di energia termica, entrambe considerate effetti utili, conseguendo, in generale, un risparmio di energia primaria ed un beneficio ambientale rispetto alle produzioni separate. La produzione di energia meccanica, convertita poi in elettrica, e di calore deve realizzarsi in modo sostanzialmente interconnesso: il calore generato viene trasferito agli utilizzatori e può essere impiegato per usi civili o industriali.

1. L'energia elettrica e il calore devono essere entrambi effetti utili: si deve avere un utente per entrambe le forme di energia prodotte, in particolare si fa riferimento all'energia termica prodotta che deve soddisfare una domanda economicamente giustificabile di calore o di raffreddamento. Per domanda economicamente giustificabile si intende una

domanda non superiore al fabbisogno di calore, che sarebbe altrimenti soddisfatto, a condizioni di mercato, da altre tipologie di impianti.

2. L'impiego di un impianto cogenerativo permette di realizzare un risparmio di energia primaria, di conseguenza si ha un beneficio ambientale che non viene quantificato in quanto si considera che, verificandosi un risparmio di energia primaria sia correlato direttamente un beneficio a livello ambientale. Per poter determinare il risparmio è necessaria una valutazione che può essere eseguita confrontando direttamente un impianto cogenerativo con un impianto tradizionale.
3. La produzione di energia elettrica e termica deve avvenire in modo sostanzialmente interconnesso, essendo basato sulla cascata energetica. Può essere presente un'integrazione.
4. L'utilizzo dei due vettori energetici può essere civile o industriale: il calore generato viene trasferito all'utilizzazione in forme diverse, tra cui vapore, acqua calda o aria calda, e può essere destinato ad usi civili di riscaldamento, acqua calda sanitaria, climatizzazione ambienti o ad usi industriali in diversi processi produttivi.

Nel 2007, in base alla Direttiva Europea 2004/8/CE, viene emanato il Decreto Legislativo 8 Febbraio 2007 n°20 nel quale si introduce un nuovo concetto di cogenerazione: la cogenerazione ad alto rendimento, CAR. Il presente decreto vuole dunque accrescere l'efficienza energetica e migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento, definendo una serie di misure aventi l'obiettivo di promuovere e sviluppare, anche ai fini ambientali, la cogenerazione ad alto rendimento. Vengono definiti nuovi criteri per la definizione della stessa, basati su un unico parametro: il PES, Primary Energy Saving. Il decreto è valido per tutti gli impianti entrati in funzione a decorrere al 1° Gennaio 2011, per gli impianti antecedenti vale quanto specificato nella delibera 42/02. Inoltre vengono introdotti i certificati di garanzia di origine e un'integrazione alla definizione di microcogenerazione. E' stato emanato inoltre, il 4 Agosto 2011 un Decreto Ministeriale per integrare gli allegati del D.lgs. n°20/07, e completare il recepimento della Direttiva Europea 2004/8/CE. In particolare vengono inseriti i nuovi criteri e requisiti per il riconoscimento della CAR. Il PES è il parametro che permette di determinare il risparmio di energia primaria effettivamente conseguito, rappresenta quindi la differenza tra la quantità di combustibile che si utilizza negli impianti di produzione separata di energia elettrica e termica e la quantità di combustibile che invece viene utilizzata negli impianti di cogenerazione, è calcolato per mezzo della seguente formula:

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHPH_{\eta}}{RefH_{\eta}} + \frac{CHPE_{\eta}}{RefE_{\eta}}} \right] \times 100$$

Dove si indicano:

- $CHPH_{\eta}$: è il rendimento termico della produzione mediante cogenerazione, definito come la quantità annua di calore utile divisa per l'energia contenuta nell'intero combustibile di alimentazione per produrre sia calore che energia elettrica da cogenerazione;
- $RefH_{\eta}$: è il valore di riferimento per il rendimento degli impianti di produzione separata del calore.
- $CHPE_{\eta}$: è il rendimento elettrico della produzione mediante cogenerazione, definito come energia elettrica annua da cogenerazione divisa per l'energia contenuta nell'intero combustibile di alimentazione, impiegato per produrre sia il calore utile che l'energia da cogenerazione;
- $RefE_{\eta}$: è il valore di riferimento per il rendimento degli impianti di produzione separata di elettricità.

Un impianto per essere riconosciuto cogenerativo (CAR) deve rispettare i seguenti requisiti:

- per $P_{el} \geq 10 \text{ MW} \rightarrow PES > 10\%$
- per $P_{el} < 1 \text{ MW} \rightarrow PES > 0$

Per determinare i rendimenti di riferimento, per la produzione separata di energia elettrica e termica, il DM 4/08/2011 ha approvato e introdotto tali valori negli allegati IV e V del Decreto, introducendo inoltre altri due allegati, VI VII, in cui riporta i fattori moltiplicativi di correzione.

I rendimenti di riferimento vengono forniti in funzione del combustibile utilizzato e dell'anno di costruzione dell'impianto, risultano quindi indipendenti dalla taglia. All'atto del confronto vengono presi in considerazione i rendimenti dei migliori impianti nell'anno in cui è stato costruito l'impianto cogenerativo. I rendimenti sono riferiti alle condizioni ISO ($T=15^{\circ}\text{C}$, $p= 1,013 \text{ bar}$, umidità relativa del 60%).

I fattori correttivi vengono distinti in funzione del rendimento di riferimento termico o elettrico:

- Per il $RefH_{\eta}$ si valuta solamente se il calore è prodotto ad una temperatura superiore o inferiore a 250°C . Il rendimento di riferimento termico varia in funzione della caldaia utilizzata, più la caldaia ha prestazioni migliori, più è alto il suo valore. Dipende inoltre, come anticipato prima, dal combustibile utilizzato. Per una caldaia a gas naturale, che rappresenta la soluzione più utilizzata nelle utenze civili, si ha $RefH_{\eta} = 90\%$
- Per il $RefE_{\eta}$ entrano in gioco due modifiche:

1. Condizioni Climatiche: si introduce una correzione in funzione della temperatura media annuale della zona climatica in cui è installata l'unità di cogenerazione.

| ZONA CLIMATICA | T _{media} [°C] | Fattore di correzione in % |
|---|-------------------------|----------------------------|
| ZONA A: Valle d'Aosta, Piemonte, Trentino Alto-Adige, Friuli-Venezia Giulia, Lombardia, Veneto, Abruzzo, Emilia-Romagna, Liguria, Umbria, Marche, Molise, Toscana | 11,315 | +0,369 |
| Zona B: Lazio, Campania, Basilicata, Puglia, Calabria, Sardegna, Sicilia | 16,043 | -0,104 |

2. Livello di tensione di produzione dell'energia elettrica: si introducono due correzioni in funzione del livello di tensione alla quale è prodotta l'energia elettrica, e se l'energia prodotta è immessa in rete o autoconsumata dagli utenti.

| Tensione di collegamento alla rete elettrica | Energia elettrica immessa nella rete | Energia elettrica autoconsumata |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|
| < 0,4 kV | 0,925 | 0,860 |
| 0,4-50 kV | 0,945 | 0,925 |
| 50-100kV | 0,965 | 0,945 |
| 100-200 kV | 0,985 | 0,965 |
| >200 kV | 1 | 0,985 |

A prescindere dall'utilizzo dell'energia elettrica prodotta, se immessa in rete o autoconsumata, si nota che il parametro aumenta al crescere del livello di tensione, inoltre se l'energia elettrica è autoconsumata si hanno valori ancora più bassi del parametro con conseguente rendimento di riferimento inferiore al caso in cui si ha l'immissione in rete.

La normativa, introducendo questi fattori correttivi, può tenere in considerazione le perdite evitate sulla rete. Le perdite sulla rete elettrica sono dovute alla trasmissione e trasformazione di energia e sono direttamente proporzionali al percorso. Se la tensione cala, cala il percorso, e di conseguenza diminuiscono le perdite. Si può notare che l'autoconsumo in basse tensioni viene favorito perché privo delle perdite sopra citate.

Si precisa che per energia autoconsumata, si intende l'energia di natura termica o elettrica che viene utilizzata direttamente dall'utente per i suoi processi e che di conseguenza non viene immessa nella rete elettrica.

Si osserva inoltre, che essendo i rendimenti indipendenti dalla taglia degli impianti, gli impianti di piccola taglia, che producono energia a basse tensioni hanno, complessivamente, rendimenti di riferimento inferiori, il PES di conseguenza aumenta e quindi vengono favoriti.

Nel caso in cui un impianto esegua entrambe le operazioni, immettere in rete e autoconsumare l'energia elettrica prodotta, viene eseguita una media pesata dei fattori correttivi.

Per calcolare il risparmio di energia primaria di un'unità di cogenerazione, occorre anzitutto determinare l'energia elettrica e il calore non prodotti in regime di cogenerazione e distinguerli dalla produzione da cogenerazione. Si devono calcolare quindi, i rendimenti dell'unità cogenerativa per la parte elettrica e termica e calcolare il rendimento globale dell'impianto cogenerativo, definito anche rendimento di primo principio. Quest'ultimo è determinato dal rapporto tra la somma dell'energia elettrica e termica utile e l'energia del combustibile.

$$\eta_I = \frac{E + H}{E_c}$$

Dove con E si indica l'energia elettrica prodotta, con H il calore utile prodotto e con E_c l'energia primaria del combustibile espressa dal suo potere calorifico inferiore LHV moltiplicato per la portata, e utilizzata per la produzione di E e di H dell'unità cogenerativa e non cogenerativa.

Particolare attenzione bisogna porla nell'uso dei dati, tutti i dati devono essere riferiti ad un periodo di tempo corrispondente ad un anno solare, dal 1 Gennaio al 31 dicembre.

Se il rendimento globale dell'unità cogenerativa risulta essere superiore al valore di soglia posto uguale a:

- 80% per le sezioni con turbina a gas a ciclo combinato con recupero del calore e per sezioni con turbina di condensazione a estrazione di vapore.
- 75% per tutti gli altri tipi di unità di cogenerazione,

allora tutta l'energia elettrica prodotta può considerarsi cogenerativa. Se viceversa, risulta essere minore di tali valori di soglia, allora soltanto una parte dell'energia elettrica prodotta è da considerarsi cogenerativa. Si può assumere l'unità di cogenerazione divisa in due parti virtuali, una con cogenerazione, che ha la possibilità di godere degli incentivi, e una senza cogenerazione.

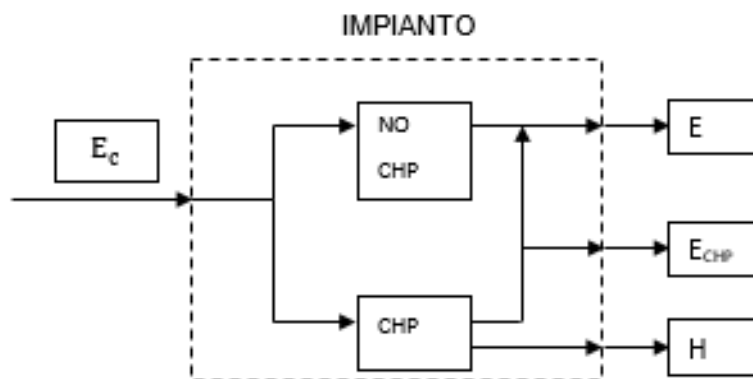


Figura 2.4: suddivisione impianto di cogenerazione.

Per valutare le due sezioni distinte si introduce il parametro C dato dal rapporto tra l'energia elettrica e il calore:

$$C_{\text{effettivo}} = \frac{E}{H}$$

Noto il valore questo parametro è possibile determinare il valore dell'energia elettrica prodotta dalle due unità, riassumendo si delinea che:

- Se $\eta_I > 75\%$ o 80% allora tutta l'energia elettrica prodotta è cogenerativa, $E_{\text{CHP}} = E$
- Se $\eta_I < 75\%$ o 80% allora solo una parte dell'energia elettrica prodotta è considerata cogenerativa e si determina con la seguente formula, $E_{\text{CHP}} = C_{\text{effettivo}} * H$

E' quindi possibile determinare il rendimento termico ed elettrico dell'unità cogenerativa:

$$\text{CHPH}_{\eta} = \frac{H}{E_{\text{C,CHP}}}$$

$$\text{CHPE}_{\eta} = \frac{E_{\text{CHP}}}{E_{\text{C,CHP}}}$$

Infine il DM 5/09/2011 definisce un nuovo regime di sostegno per la cogenerazione ad alto rendimento, come previsto dalla legge 09/99. In particolare si applica alle unità cogenerative entrate in esercizio, come nuove unità o come rifacimento di unità esistenti secondo le modalità descritte dal decreto ed entrate in esercizio dal 7/03/2007 e per le unità cogenerative entrate in esercizio dopo il 1/04/1999 e prima del 7/03/2007 riconosciute cogenerative ai sensi delle norme applicate nella data di entrata in esercizio e secondo le modalità dei criteri e limiti indicati nel D.lgs. 28/2011. (gli impianti entrati in esercizio tra il 1/04/99 e il 6/03/07 accedono agli incentivi solamente a partire dalla produzione dell'anno 2012).

I principali benefici che la legislazione attuale riconosce alla Cogenerazione ad Alto Rendimento sono:

1. esonero dall'obbligo di acquisto dei certificati verdi, previsto per i produttori e gli importatori di energia elettrica con produzioni e importazioni annue da fonti non rinnovabili eccedenti i 100 GWh;
2. precedenza, nell'ambito di dispacciamento, dell'energia elettrica prodotta da cogenerazione rispetto a quella prodotta da fonti convenzionali e dopo quella prodotta da fonti rinnovabili;
3. possibilità per gli impianti di cogenerazione abbinati al teleriscaldamento di accedere, solo transitoriamente e a determinate condizioni, ai certificati verdi;
4. possibilità di ottenere, nel caso in cui l'impianto sia realizzato da società di servizi energetici o da distributori di energia elettrica e gas, i Titoli di Efficienza Energetica, detti anche Certificati Bianchi;

5. agevolazioni fiscali sull'accisa del gas metano utilizzato per la cogenerazione;
6. possibilità di accedere al servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti cogenerativi ad alto rendimento e con potenza fino a 200 kW;
7. possibilità di applicare condizioni tecnico-economiche semplificate per la connessione alla rete elettrica;
8. possibilità di ottenere maggiorazione della tariffa per impianti alimentati a fonti energetiche rinnovabili;
9. esenzione dal pagamento degli oneri generali di sistema.

Il GSE, Gestore dei Servizi Energetici, è il soggetto che ha l'incarico di riconoscere gli impianti di Cogenerazione ad Alto Rendimento, di rilasciare i certificati di garanzia d'origine GOc e di qualificare gli impianti di cogenerazione abbinati al teleriscaldamento per il rilascio dei certificati verdi. La garanzia di origine è una certificazione, introdotta dal D.lgs. 20/07, utilizzabile dai produttori al fine di dimostrare che l'energia elettrica da essi venduta è effettivamente prodotta da cogenerazione ad alto rendimento. E' presente il diritto di rilascio della garanzia d'origine per impianto con $E_{CHP} > 50$ MWh. La richiesta di riconoscimento CAR e l'accesso al meccanismo di sostegno sono da effettuare ed inviare solamente per via telematica attraverso l'applicazione web RICOGE. Il GSE, raccolta la modulistica inviata, appurerà o meno se la tipologia d'impianto rispecchia i requisiti imposti per la CAR.

I Titoli di Efficienza Energetica TEE o Certificati Bianchi CB, sono titoli emessi dal GME, Gestore del Mercato Elettrico, e attestano un risparmio energetico corrispondente a 1 tep⁶ conseguito da vari soggetti realizzando specifici interventi di efficienza energetica. Il GME li gestisce e possono essere convertiti in un controvalore economico per effettuare investimenti relativi a interventi di efficienza energetica. I certificati bianchi riguardano quattro tipologie di intervento:

- risparmio di energia elettrica;
- risparmio di gas naturale;
- risparmio di altri combustibili per autotrazione;
- risparmio di altri combustibili non per autotrazione.

Il numero di certificati bianchi è valutato nel seguente modo:

$$CB = RISP * 0,86 * K$$

Dove:

- RISP è il risparmio di energia primaria valutato con $RISP = \frac{E_{CHP}}{\eta_{el,rif}} + \frac{H}{\eta_{th,rif}} - E_{C,CHP}$
- 0,86 è il fattore di conversione tep.

⁶ Tep: Tonnellata Equivalente di Petrolio.

- K è un parametro che tiene in considerazione la taglia dell'impianto.

2.4 Impatto ambientale: valutazione delle emissioni

Uno dei benefici maggiori degli impianti cogenerativi è il risparmio di energia primaria, tenendo presente che la maggior parte degli impianti utilizza combustibili fossili, si verifica dunque un minor impatto ambientale con una forte riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra.

La normativa definisce alcune grandezze fondamentali per la determinazione precisa e puntuale dei limiti da rispettare. Le emissioni attualmente, hanno valori limite di concentrazione riferiti all'input, vengono infatti denominate input base, e non tengono conto della tipologia di prodotti utili e quindi le emissioni risultano in funzione solamente dell'aria e del tipo di combustibile di alimentazione. Viene definito il parametro:

$$\gamma = [\text{mg}/\text{Nm}^3]$$

In Italia questa modalità di valutazione è stata scelta perché ci si basava soprattutto sulla qualità dell'aria e non sulle emissioni, la valutazione era inoltre resa più semplice grazie all'utilizzo di questa unità di misura che rendeva facile la misura dei fumi al camino. Per evitare la miscelazione tra i fumi uscenti dal camino e l'aria, con conseguente diminuzione della percentuale di concentrazione di inquinanti e con sfasamento della misura, la normativa fornisce i valori di riferimento della concentrazione di ossigeno al camino.

È stato introdotto un altro modo di valutazione delle emissioni limite, basato sempre sull'input, ma in questo caso riferito al tipo di combustibile utilizzato. Questo metodo è spesso impiegato nella valutazione delle emissioni di inquinanti nelle caldaie.

$$\lambda = [\text{mg}/\text{kWh}_{\text{fuel}}]$$

Anche in questa situazione non si fa riferimento all'output dell'impianto, non si tiene conto dell'inquinamento emesso in funzione dell'unità di prodotto utile uscente dall'unità cogenerativa. I parametri λ e γ sono proporzionali tra di loro attraverso la costante k, che tiene conto della composizione del combustibile e non di quanto efficientemente venga bruciato.

Per ovviare a questo problema e per tenere conto dei rendimenti degli impianti, in altri paesi si prevede l'utilizzo di un parametro δ che permette una valutazione delle emissioni basata sull'output di prodotto utile.

$$\delta = [\text{mg} / \text{kWh}_{\text{output}}]$$

I parametri λ e δ sono legati tra di loro attraverso il rendimento η

$$\delta = \frac{\lambda}{\eta}$$

Esprimendo la relazione attraverso le unità di misura si nota che il parametro δ tiene conto anche delle prestazioni dell'impianto, pertanto si riesce ad eseguire una distinzione degli impianti basata

sui rendimenti degli impianti stessi. Avere valori di rendimento elevati corrisponde ad avere un valore di emissione più basso è quindi si deduce facilmente che l'impianto funziona meglio degli altri:

$$\frac{\text{mg}}{\text{kWh}_{\text{el}}} = \frac{\frac{\text{mg}}{\text{kWh}_{\text{fuel}}}}{\frac{\text{kWh}_{\text{el}}}{\text{kWh}_{\text{fuel}}}}$$

Purtroppo la valutazione delle emissioni rimane un processo complesso e difficile da attuare, la normativa prende in considerazione solo la produzione elettrica, fatta eccezione per gli impianti di taglia inferiore a 200 kW, che sono soggetti alla normativa vigente per le caldaie.

Si deduce quindi, che si riscontrano problemi nella valutazione delle emissioni in quanto non facendo distinzione tra i prodotti di un'unità cogenerativa, quest'ultima potrebbe risultare meno performante di impianti di produzione separata dei prodotti. Sono state proposte diverse alternative di modifica della normativa in modo da evitare discriminazioni così marcate verso la cogenerazione. E' stato deciso quindi di focalizzare l'attenzione sul parametro δ , basato sull'output, e sono state prese in considerazione tre soluzioni principali per valutare le emissioni tenendo conto della presenza di due prodotti differenti e che l'impianto cogenerativo sostituisce due impianti che hanno caratteristiche di emissione differenti:

1. come anticipato in precedenza, per impianti cogenerativi con potenza superiore a 200 kW la normativa fa riferimento a impianti di produzione elettrica. In questa modalità di valutazione si utilizza il rendimento totale, inteso come somma di quello termico più quello elettrico, al posto del solo rendimento elettrico per il calcolo di δ . In questo modo si arriva facilmente alla condizione: $\delta_{\text{cog}} \leq \delta_{\text{normativa}}$;
2. metodo della "caldaia evitata": nel momento in cui si valutano le emissioni dell'impianto cogenerativo e le si confrontiamo con i limiti di legge imposti dalla normativa per la produzione di energia elettrica, si tiene conto che il calore utile prodotto dall'impianto ha realmente evitato l'utilizzo, e quindi di conseguenza le emissioni, di una caldaia. Si sottraggono quindi alle emissioni dell'impianto cogenerativo quelle delle caldaie che sono state sostituite dall'impianto. Risulta quindi:

$$\delta_{\text{cog}} - \frac{\lambda'_{\text{th}}}{\eta'_{\text{th}}} * \frac{\eta_{\text{th}}}{\eta_{\text{el}}} \leq \delta_{\text{normativa}}$$

Esprimendo la relazione in base alle unità di misura:

$$\frac{\text{mg}}{\text{kWh}_{\text{th}}} - \left[\frac{\text{mg}/\text{kWh}_{\text{fuel}}}{\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{th}}} \right]' * \left[\frac{\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{fuel}}}{\text{kWh}_{\text{el}}/\text{kWh}_{\text{fuel}}} \right]_{\text{cog}}$$

L'apice ' indica le grandezze relative alle caldaie evitate.

Questo metodo calcola l'inquinamento dell'impianto cogenerativo come se producesse solamente energia elettrica, sottraendo il fattore che valuta il contributo termico in base a quante caldaie sono state evitate.

Questa soluzione non è ancora stata normalizzata, può comunque essere presa in considerazione e quindi utilizzata impiegando i corretti valori delle caldaie che sono state sostituite dall'impianto.

3. Metodo dell'indice di risparmio ambientale IRA: si valuta il risparmio di emissioni che si ottiene utilizzando un impianto cogenerativo rispetto alla produzione degli stessi prodotti utili mediante due impianti separati di produzione elettrica e termica. Si valuta l'IRA attraverso la seguente formula:

$$IRA = \frac{E'_m - E_{m,cog}}{E'_m} = 1 - \frac{E_{m,cog}}{E'_m} = \left[1 - \frac{\delta_{cog}}{\frac{\lambda'_{el}}{\eta'_{el}} + \frac{\lambda'_{th}}{\eta'_{th}} * \frac{\eta_{th}}{\eta_{el}}} \right]$$

Dove E'_m rappresenta le emissioni che si avrebbero nel caso in cui energia elettrica e calore vengano prodotte separatamente, mentre $E_{m,cog}$ rappresenta le emissioni dell'impianto cogenerativo.

Non sono stati determinati ancora valori limite dell'IRA, d'altronde facendo un analogia con il PES si può tranquillamente pensare che l'IRA debba assumere valori maggiori di zero.

Con l'impiego di un impianto cogenerativo si riscontra un'effettiva riduzione delle emissioni, gli impianti cogenerativi però devono essere posizionati vicino all'utenza a causa dell'eccessiva difficoltà e dell'elevato costo di installazione e trasporto delle opere di teleriscaldamento. Al contrario le centrali elettriche vengono sempre posizionate lontano dall'utenza potendo contare su grandi reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, le quali inoltre, risultano di facile installazione. Installare impianti cogenerativi vicino alle utenze comporta avere maggiori emissioni in corrispondenza di questi luoghi, tali impianti infatti emettono quantità maggiori di una caldaia tradizionale e potrebbero quindi essere fonte e causa di problemi di inquinamento locali. L'impiego dell'IRA permette di effettuare una valutazione delle emissioni a livello globale, permette quindi di valutare il risparmio di emissioni di CO_2 rispetto ad altre soluzioni, risulta poco efficiente per valutare le emissioni che comporta l'installazione di un'unità cogenerativa presso le utenze. Una soluzione idonea per questa valutazione è il metodo della caldaia evitata che permette di valutare le emissioni a livello locale e quindi consente di determinare le singole emissioni di gas nocivi, in particolare di CO_2 , NO_x .

2.5 Principali tecnologie impiegate nella cogenerazione

Le due modalità principali di produzione combinata di energia elettrica e calore si definiscono topping e bottoming. La prima implica la produzione di energia elettrica attraverso un ciclo termodinamico ad alta temperatura integrato ad un sistema di recupero in forma utile di calore di scarico. In questo caso le tecnologie risultano sostanzialmente derivate da quelle realizzate per la produzione di sola energia elettrica attraverso l'installazione di apparecchiature per il recupero termico e di distribuzione del calore a valle dei motori primi. La seconda modalità prevede invece prima la produzione di calore per utilizzazioni ad alta temperatura, e in cascata alimenta un ciclo termodinamico a bassa temperatura che permette la produzione di energia elettrica. La maggior parte degli impianti risulta essere della modalità topping.

Attualmente sono presenti molte tecnologie per la cogenerazione, la normativa nomina esplicitamente le seguenti:

- turbine a gas a ciclo combinato con recupero di calore;
- turbina a vapore a contropressione;
- turbina di condensazione a estrazione di vapore;
- turbina a gas con recupero di calore;
- motore a combustione interna;
- microturbine;
- motori a ciclo Stirling;
- pile a combustibile;
- motori a vapore;
- cicli Rankine a fluido organico (ORC).

Dal punto di vista teorico tutti gli impianti termoelettrici, alimentati da combustibili fossili, possono essere convertiti in cogenerativi perché, per il secondo principio della termodinamica, devono cedere un parte di calore all'ambiente.

Gli impianti sopraelencati possono essere impianti nuovi o impianti vecchi che necessitano di grosse manutenzioni, risulta quindi più conveniente convertirli o trasformarli, conseguendo prestazioni migliori e una riduzione dell'inquinamento. Infine, la cogenerazione riduce i costi dell'energia fino al 30% e migliora l'immagine delle imprese, inoltre contribuisce al raggiungimento di un sistema ecosostenibile, in sintonia con le direttive europee e nazionali e con gli obiettivi mondiali di salvaguardia dell'ambiente.

CAPITOLO 3 – L'efficienza energetica nel settore civile e i nuovi modelli di distretti energetici

La società attuale ha intrapreso un percorso evolutivo influenzato, in ogni periodo storico, dalle condizioni economiche, politiche e sociali presenti nel mondo e più direttamente nel Paese di residenza. La globalizzazione ha creato un mondo nuovo, imprevedibile e mai uguale a se stesso, ricco di tecnologia e progresso, dove competitività e crescita sostenibile corrono affiancate. I tempi sono cambiati, si sono evoluti, e al giorno d'oggi la nostra società sta vivendo un forte periodo di recessione economica, che ha avuto modo di diffondere e di sviluppare le proprie radici in tutto il mondo, creando notevoli disagi in tutti i settori. Le situazioni più gravi, dove la crisi ha colpito più marcatamente, riguardano le popolazioni a basso reddito, in Italia la percentuale di povertà è salita al 10%⁷, un dato del tutto preoccupante. Anche il settore industriale ha assorbito la negatività indotta dalla crisi, numerosi sono stati gli imprenditori che hanno dovuto cessare la propria attività, contribuendo intensamente all'aumento della disoccupazione.

L'economia rappresenta il motore di un Paese, un'economia forte e dinamica garantisce sicurezza e affidabilità in tutti i settori. La domanda di energia, invece, rappresenta il combustibile che permette al motore di avviarsi, funzionare e di fornire vitalità e sostanza a tutte le attività ad esso connesse. Si delinea una forte dipendenza tra i due settori e si riscontra come la richiesta di energia riesca a supportare l'economia determinandone la competitività. L'energia è sia un bene, che un servizio di fondamentale importanza, ricopre un ruolo strategico e fornisce un supporto utile per la ripresa, la crescita e lo sviluppo. Si crea una fitta maglia in cui le branche dell'economia e i settori sociali, politici, ambientali sono proporzionali e interconnessi con il sistema energetico. La crisi può essere contrastata e bloccata, evitando che possa diffondersi ulteriormente. Per far ciò è necessario attuare un piano di azione che comprenda diverse iniziative da applicare concretamente in tutte le aree di intervento, al fine di collaborare contemporaneamente su più fronti. Dal punto di vista energetico è necessario creare politiche energetiche mirate alla riduzione dei consumi, all'aumento dell'efficienza energetica e all'integrazione di impianti rinnovabili indirizzati verso l'autoproduzione di energia e quindi verso l'autonomia energetica. Politiche energetiche con questi contenuti non hanno trovato molto spazio a causa di una burocrazia opprimente e di determinati interessi economico-politici presenti sia all'interno del nostro Paese, sia con altri Paesi da cui ci riforniamo direttamente di combustibili fossili. L'efficienza energetica e l'energia rinnovabile simboleggiano la cura dominante per un sistema energetico competitivo a livello mondiale. Ridurre i consumi e gli sprechi di energia di tutti i settori e in un tempo

⁷ Dato fornito da ISTAT e aggiornato all'anno 2015.

ragionevole è una sfida difficile, perché non sono disponibili le capacità e le risorse per farlo. Si deve optare per incrementare l'efficienza nei settori che, con i miglioramenti conseguiti, sarebbero in grado di aumentare il benessere sociale ed economico della popolazione. Si intendono dunque i settori civile e industriale.

3.1 Il settore civile: il settore più energivoro

Esaminando il BEN, Bilancio Energetico Nazionale, del 2014 fornito dal Ministero dello Sviluppo Economico si nota, come anche descritto nel capitolo precedente e riportato in figura 2.2, che il consumo del settore civile ha contribuito maggiormente ai consumi energetici nazionali. Si rileva una quota di circa il 36%, superiore a quella dei trasporti, 32% e a quella dell'industria 23%.

Secondo uno studio effettuato da Energy Efficiency Report⁸ del Politecnico di Milano, l'Italia è risultata il primo stato in Europa per il quantitativo di emissioni di anidride carbonica immesse nell'atmosfera relative ad usi energetici del comparto civile, corrispondente al settore terziario e residenziale. Inoltre, sempre all'interno dello stesso settore, risulta essere tra i primi stati ad avere un consumo elevato di energia primaria.

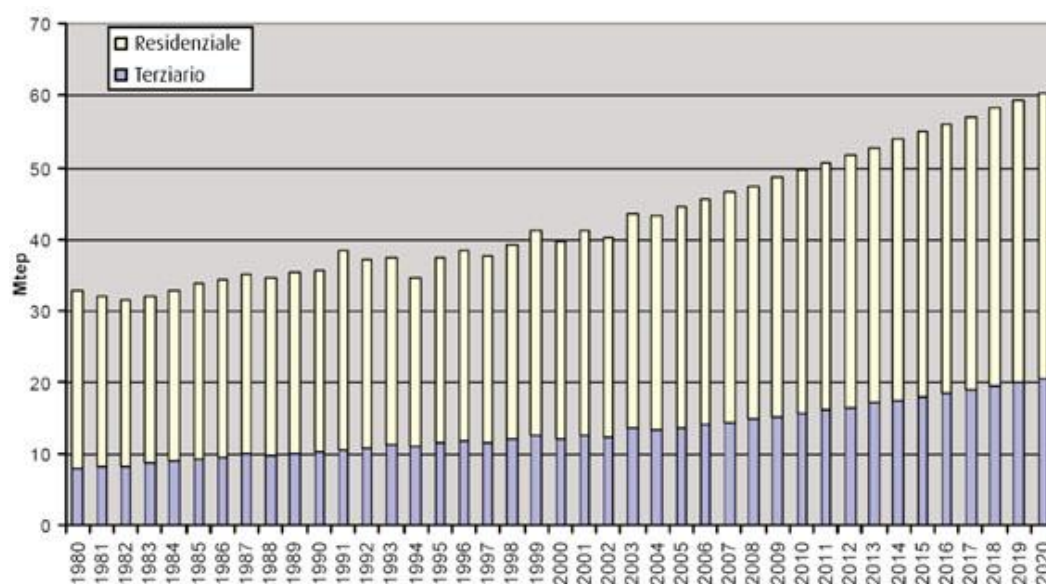


Figura 3.1: consumi di energia primaria nel settore residenziale e terziario.

Lo scenario sopra riportato fornisce l'andamento dell'incremento dei consumi di energia primaria nell'edilizia residenziale e terziaria. Si riscontra che è previsto un aumento dei consumi corrispondente al 50% entro il 2020. Si può stimare un incremento annuo del 1-1,5%, imputabile alla crescente diffusione di impianti di riscaldamento e di raffrescamento, e all'utilizzo di elettrodomestici e di impianti o apparecchiature elettriche ed elettroniche. All'anno corrente si

⁸ Energy Efficiency Report è uno strumento di lavoro realizzato dal Politecnico di Milano per supportare tutti coloro che vogliono operare nel campo dell'efficienza energetica in Italia e in Europa.

può appurare un incremento dei consumi, rispetto all'anno di partenza nel 1980, del 40%. Osservando invece, il grafico sotto riportato, si nota come si suddividono i consumi energetici per gli usi finali in un edificio ad uso abitativo:

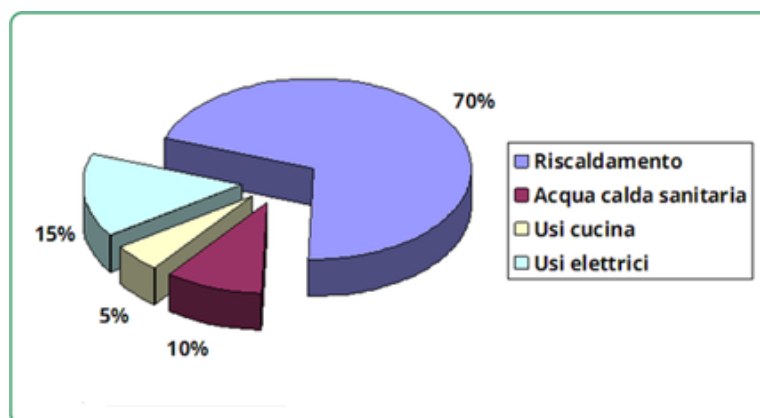


Figura 3.2: consumi energetici per usi finali di energia-anno 2013-fonte ENEA.

Il 70%, che rappresenta la percentuale maggiore, è relativo al consumo di energia per il riscaldamento degli ambienti, mentre il 10% è relativo al consumo di energia per la produzione di acqua calda sanitaria. Complessivamente è corretto dire che l'80% del consumo di energia primaria è da attribuire al funzionamento di dispositivi, in gran parte caldaie tradizionali, per la produzione di acqua calda da utilizzare nel riscaldamento e nei sanitari.

In Italia, il fabbisogno energetico medio di un edificio convenzionale è stimato pari a 100 kWh/m²anno, e per un edificio di vecchia costruzione, ovvero antecedente al D.lgs. 373/76 relativo ad accorgimenti in ambito dell'efficienza energetica, è pari a 150 kWh/m²anno. In Europa la media del fabbisogno energetico di un edificio a basso consumo si attesta per valori compresi tra i 25 e 60 kWh/m²anno. Si nota quindi che i nostri edifici hanno consumi nettamente superiori agli standard europei, comportando utilizzi eccessivi di combustibili e con aumento delle emissioni in atmosfera. La situazione esaminata nasce dalla presenza di molti edifici realizzati prima che si introducessero e si adottassero con misura le direttive relative l'efficienza energetica, e perché questo tema ha ottenuto recentemente le adeguate attenzioni.

Eseguendo un'analisi del parco edilizio italiano si riscontra che in Italia sono presenti 13,7 milioni di edifici, di cui 12,1 milioni sono destinati ad uso abitativo mentre i restanti 1,6 milioni sono destinati a diverso uso. In totale corrispondono a circa 27 milioni di abitazioni, di cui 22 milioni riscaldate, abitate stabilmente e circa 950000 condomini⁹. Analizzando i 13,7 milioni di edifici si determina che:

- Il 70% degli edifici è stato costruito prima che entrassero in vigore le normative riguardanti l'efficienza energetica. Sono quindi antecedenti al 1976.

⁹ Tutti i dati relativi agli edifici sono aggiornati al censimento ISTAT dell'anno 2011.

- Il 25% del totale non ha mai subito interventi di manutenzione straordinaria.
- Il 36% del fabbisogno energetico nazionale è assorbito dagli edifici.

3.2 Dove e come intervenire per ridurre i consumi e migliorare l'efficienza

Attualmente sono presenti nel mercato del settore energetico molte tecnologie all'avanguardia e altrettante sono in fase sperimentale pronte per essere collaudate e diffuse. Queste tecnologie, se applicate, permettono di raggiungere obiettivi del tutto soddisfacenti sia nel campo del risparmio energetico che nel campo dell'efficienza energetica in ambito civile. Principalmente i primi interventi che vengono messi in atto riguardano la struttura dell'edificio, seguono poi provvedimenti sulla centrale termica e sulle componenti impiantistiche. Secondo IEA, Agenzia Internazionale dell'Energia¹⁰, l'impiego accelerato di tecnologie già presenti e collaudate sul mercato o in via di sviluppo, prevalentemente nei settori dell'efficienza energetica e fonti rinnovabili, comporterà una riduzione del 50% entro il 2050 della domanda di combustibili fossili. Per eseguire gli interventi di riqualificazione energetica è di norma operare eseguendo prima di tutto un'analisi energetica accurata dell'edificio posto in esame; di conseguenza, in base ai risultati ottenuti si programmano gli interventi da compiere in modo migliorare in primis le prestazioni più scadenti rilevate. Solitamente, nella maggior parte delle situazioni, si opera con la seguente logica:

1. Interventi sulla struttura dell'edificio: vengono eseguiti vari interventi strutturali al fine di migliorarne la qualità mantenendo un elevato livello di eco-sostenibilità dell'edificio:
 - a. Isolamento superfici opache e pavimenti/solai: si interviene realizzando l'isolamento termico delle superfici, denominato genericamente cappotto. Consiste nell'installare una superficie di materiale isolante a bassa trasmittanza ed elevata capacità termica, al fine di limitare le dispersioni di calore verso l'esterno. Con questa tecnologia si conserva l'energia all'interno delle abitazioni, mantenendo gli ambienti caldi d'inverno e freschi d'estate.
 - b. Sostituzione infissi: per completare l'efficacia dell'isolamento delle superfici murali, occorre isolare anche le superfici vetrate, sostituendo i vecchi serramenti con infissi di nuova produzione in vetrocamera, che oltre a garantire dispersioni termiche inferiori, garantiscono un confort acustico, isolando l'ambiente interno da quello esterno e una maggior sicurezza essendo generalmente antisfondamento. Applicando gli interventi appena descritti si garantisce un risparmio di energia primaria circa del 35-40%.

¹⁰ IEA: Agenzia Internazionale dell'energia, è un'organizzazione intergovernativa fondata nel 1974 con lo scopo di facilitare il coordinamento delle politiche energetiche dei Paesi membri per assicurare la stabilità degli approvvigionamenti e per sostenere la crescita. Recentemente si occupa anche di cambiamenti climatici.

- c. Vernici termoisolanti: è possibile aumentare di qualche punto il grado di isolamento ottenuto con gli interventi 1 e 2, applicando alle pareti dell'edificio una vernice speciale termoisolante. Sono pitture per indoor o outdoor che possiedono al loro interno particelle ceramiche che permettono di ottenere un duplice vantaggio: isolano termicamente e evitano la formazione di condense, muffe creando una barriera che mantiene le pareti asciutte.
 - d. Sistemi di taglio termico per terrazze: permettono di eliminare eventuali ponti termici che possono crearsi nella porzione di muro che si unisce al balcone.
 - e. Progettazione edifici: si cerca di progettare gli edifici in modo che essi abbiano orientazione a Sud, con una maggiore superficie vetrata, in modo da poter sfruttare l'apporto termico gratuito fornito dalla radiazione solare.
2. Interventi sull'impianto di riscaldamento: si valuta lo stato e la tipologia di impianto determinando una nuova possibile soluzione più efficiente e meno inquinante.
- a. Centrale termica: si valutano tutte le possibilità di sostituzione della centrale termica, che può avvenire attraverso un'altra caldaia tradizionale modulare di ultima generazione, una caldaia a condensazione o attraverso l'installazione di un impianto di microgenerazione. L'alimentazione può avvenire con combustibili tradizionali come il gas naturale o con biocombustibili, per esempio biogas e biomassa.
 - b. Terminali d'impianto: in base al grado di ristrutturazione che si vuole applicare all'edificio si sceglie il sistema di distribuzione del calore più idoneo ed efficiente, dal semplice radiatore agli impianti moderni di riscaldamento radiante a pavimento o a parete.
3. Interventi di integrazione delle fonti rinnovabili: si progettano eventuali installazioni di impianti di produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili. In base alla località dove è situato l'edificio si integra l'impianto con tecnologie rinnovabili idonee. Gli impianti più tradizionali per la produzione elettrica sono quelli fotovoltaici, mentre per la parte termica il solare termico, la geotermia e la biomassa.
4. Interventi interni: vengono prese determinate misure sulle apparecchiature presenti all'interno degli edifici, questi interventi permettono di ridurre soprattutto il consumo elettrico e spesso sono interventi che non richiedono competenze particolari ma possono essere eseguiti con lavori fai da te.
- a. Illuminazione: è consigliabile l'utilizzo di lampadine a basso consumo, specialmente le lampade con tecnologia a led che permettono di risparmiare oltre

il 90% di energia elettrica rispetto alle tradizionali lampade ad incandescenza.

- b. Elettrodomestici: si raccomanda l'utilizzo di elettrodomestici di classe A, permettono di risparmiare fino al 65% di energia elettrica rispetto agli elettrodomestici di classi inferiori.
- c. Migliorare la qualità dell'energia termica fornita: per esempio sostituire i vecchi boiler con nuovi sistemi di produzione di acqua calda sanitaria.

3.3 Cenni al quadro normativo

Per ottenere, con esito positivo, benefici in campo ambientale ed energetico è necessario che i processi di efficienza energetica siano rigorosamente regolati da una serie di normative. Numerose leggi sono state emanate negli ultimi decenni, in corrispondenza sia della diminuzione delle risorse, che del conseguente aumento del costo energetico, senza dimenticare i cambiamenti climatici ad essi collegati. La migliore fonte di risparmio per abbassare il prezzo di gestione energetica degli edifici consiste nell'aumentare le prestazioni, abbattendo i consumi e utilizzando efficientemente l'energia. La normativa UNI CEI EN ISO 50001 "Sistemi di gestione dell'energia", delinea i requisiti per creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia. L'obiettivo di tale norma consiste principalmente nell'attuare un processo continuativo di miglioramento della propria prestazione energetica comprendendo in questa l'efficienza energetica, nonché il consumo e uso dell'energia. Adottando le linee guida si riducono il consumo energetico, i costi e le emissioni di gas serra. I vantaggi che comporta la normativa sono di poter valutare e monitorare il consumo energetico, evidenziando le zone in cui è necessario implementare l'efficienza, migliorare le prestazioni generali riducendo i consumi e i costi e le emissioni di carbonio in conformità ai requisiti governativi. La norma crea un quadro per impianti industriali e per installazioni commerciali, istituzionali e governative.

A livello europeo sono state emanate diverse normative importanti, riguardanti l'efficienza energetica e la sua applicazione in ambito residenziale. Si accennano le due normative che sono in vigore attualmente. La normativa 2010/31/UE è specifica e relativa alle prestazioni energetiche degli edifici. E' entrata in vigore l'8/07/2010 e gli obiettivi sono orientati a limitare il consumo energetico, le emissioni di gas serra al fine di raggiungere positivamente gli obiettivi previsti entro il 2020. La legislazione punta a migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, i quali sono responsabili del 40% del consumo globale di energia, tenendo in considerazione le diverse condizioni climatiche e locali. Inoltre stabilisce i requisiti minimi e una comune metodologia di calcolo. Complessivamente considera l'energia impiegata per la climatizzazione degli ambienti, riscaldamento e condizionamento, la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e

l'illuminazione. La normativa 2012/27/UE è a carattere più generale e stabilisce le misure da attuare per promuovere l'efficienza energetica nell'Unione Europea al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale relativo all'aumento del 20% dell'efficienza energetica entro l'anno 2020 senza escludere, che tali base create, possano apportare ulteriori miglioramenti al di là di tale data. Inoltre stabilisce direttive che rimuovano gli ostacoli presenti sul mercato dell'energia e che superino le carenze che frenano lo sviluppo dell'efficienza energetica nella distribuzione e nell'utilizzo dell'energia. Infine definisce il ruolo fondamentale di informare e formare i cittadini sull'uso efficiente delle energie. Tutti i requisiti presenti all'interno della normativa sono requisiti minimi, implica quindi per gli Stati membri il divieto di introdurre misure più restrittive e, nel caso fossero presenti, l'obbligo di comunicarlo alla Commissione Europea.

Il governo italiano negli ultimi mesi ha emanato tre Decreti Ministeriali adeguandosi alle normative europee in ambito di efficienza energetica negli edifici, mettendo in campo nuovi strumenti. Con il DM 26/06/2015 sono stati approvati tre provvedimenti che sono entrati in vigore dal 1 Ottobre 2015 e che completano il quadro normativo dell'efficienza energetica negli edifici.

1. Attestato di prestazione energetica: il primo Decreto modifica il DM del 26/06/2009 e fornisce le nuove linee nazionali per calcolare le prestazioni energetiche e i nuovi requisiti minimi di efficienza energetica per i nuovi edifici e per quelli sottoposti a ristrutturazioni. Inoltre per evitare divisioni delle regole sulla certificazione energetica degli edifici a livello locale, è stato introdotto un nuovo modello di APE 2015, Attestato Prestazione Energetica, uguale per tutto il territorio nazionale. Seguendo i nuovi punti che delineano la normativa sarà possibile confrontare con facilità unità immobiliari situate nel territorio. Sono state definite dieci classi energetiche dove la classe G rappresenta quella più inefficiente mentre la classe A4 rappresenta quella più efficiente.

| | | |
|--|------------------|---|
| | Classe A4 | $\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $0,40 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe A3 | $\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $0,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe A2 | $\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $0,80 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe A1 | $\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $1,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe B | $\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $1,20 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe C | $\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $1,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe D | $\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $2,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe E | $\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| $2,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$ | Classe F | $\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |
| | Classe G | $> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ |

Figura 3.3: classificazione energetica degli edifici.

$EP_{gl,nren}$ rappresenta il nuovo indice di prestazione energetica globale non rinnovabile che comprende: la climatizzazione invernale $EP_{h,nren}$, la climatizzazione estiva $EP_{c,nren}$, la produzione di acqua calda sanitaria $EP_{w,nren}$, la ventilazione $EP_{v,nren}$, l'illuminazione artificiale per gli immobili non residenziali $EP_{i,nren}$, il trasporto di persone o cose per immobili non residenziali $EP_{t,nren}$. L'indice di prestazione energetica globale si ottiene sommando tutti i vari indici appena elencati.

Il certificatore ha l'obbligo di effettuare un sopralluogo presso l'edificio ed è incaricato di inserire nell'APE le proposte per migliorare l'efficienza energetica, consigliando eventuali interventi e informando le parti interessate sugli incentivi disponibili per realizzarli.

Inoltre, il Decreto istituisce un database nazionale dei certificati energetici SIAPE, Sistema Informativo Attestati Prestazione Energetica, uguale per tutto il territorio.

2. Metodologia di calcolo e requisiti minimi delle prestazioni energetiche: il secondo Decreto definisce le nuove modalità di calcolo della prestazione energetica e i nuovi requisiti minimi di efficienza per i nuovi edifici o quelli sottoposti a ristrutturazioni. Vengono rafforzati gli standard energetici minimi per gli edifici nuovi e per quelli soggetti a ristrutturazioni, ottimizzando il rapporto costi/benefici degli interventi in modo da realizzare edifici a energia quasi zero previsti dalla direttiva 2010/31/UE¹¹.

Gli edifici di nuova costruzione e quelli sottoposti a ristrutturazione importanti saranno confrontati con un edificio di riferimento, identico per geometria, orientamento, ubicazione e destinazione d'uso.

3. Schema della relazione tecnica di progetto: il terzo Decreto infine, introduce gli schemi di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini di applicare le prescrizioni e i requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici. Gli schemi sono diversi in base alle varie tipologie di opere eseguite: nuove realizzazioni, ristrutturazioni importanti, riqualificazioni energetiche.

3.4 I nuovi modelli di distretti energetici

I temi riguardanti le fonti rinnovabili, il risparmio energetico e l'efficienza energetica sono diventati ormai parte integrante delle nostre abitudini, inserendosi nella nostra cultura, economia e politica. E' illusorio pensare di raggiungere gli obiettivi imposti dal Protocollo di Kyoto entro il 2020 realizzandoli con le tecnologie e politiche attuali. Inoltre senza ombra di dubbio rappresentano il futuro e l'evoluzione del settore energetico, possono essere introdotte nel

¹¹ La direttiva 2010/31/UE stabilisce che entro il 31/12/2020 gli edifici di nuova costruzione dovranno essere a energia quasi zero. Ovvero con alta prestazione energetica e il consumo è coperto in modo significativo da impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili.

mercato con diverse modalità con lo scopo di ottenere un'integrazione completa che ne garantisca le massime funzionalità.

Proprio a tal proposito, pochi anni fa, sono apparsi per la prima volta nel mondo energetico i distretti energetici, con le finalità di proporre e introdurre nuovi modelli di sviluppo del sistema energetico e per affrontare le problematiche che nascono dall'approvvigionamento e dalla gestione dell'energia. Si possono definire come un mix di soluzioni tecnologiche che consentono di ottimizzare i consumi introducendo e integrando le fonti di energia rinnovabili. Parte integrante di questi nuovi modelli sono i Power Parks, che consentono di gestire attraverso un software, la produzione di energia e i suoi consumi al fine di creare un modello dinamico di gestione efficiente che neutralizzi gli sprechi. Il trinomio perfetto che permette di conseguire i massimi livelli di ottimizzazione del sistema energetico prevede, infine, l'introduzione della generazione distribuita. La generazione distribuita è l'elemento finale della nuova realtà energetica, consiste nella produzione decentralizzata di energia attraverso tante unità di piccola taglia che consentono di sfruttare localmente le risorse zonali presenti. A differenza delle grandi centrali che prevedono unità produttive di grossa taglia localizzate in determinate zone, con la generazione distribuita si ha la possibilità di diversificare i vettori energetici diffondendo uniformemente la produzione energetica in tutto il territorio nazionale, sfruttando le varie forme di energia direttamente dalla fonte.

L'approccio sistemico dei distretti energetici ha inoltre la finalità di certificare una maggior sicurezza dal punto di vista dell'approvvigionamento delle fonti raggiungendo livelli di sostenibilità elevati e puntando verso l'autonomia energetica. Si unisce inoltre la precisa coordinazione delle risorse garantendo continuità di servizio intelligente, basata sul risparmio energetico e sull'efficienza energetica, alle utenze. Le utenze sono di diversa natura:

- residenziale: piccoli comuni, quartieri, condomini;
- terziario: ospedali, alberghi, scuole, centri commerciali;
- trasporti: reti logistiche, aeroporti, stazioni ferroviarie;
- industrie: vetrerie, cartiere, tessile.

Le esigenze sono in gran parte condivise tra le differenti tipologie di utenze, si parla quindi di riscaldamento, condizionamento, illuminazione, fornitura di energia elettrica per elettrodomestici o macchinari industriali.

Per quanto riguarda la parte software, il modello Power Park è un approccio integrato che permette di affrontare le necessità di un distretto energetico raggiungendo altri gradi di efficienza a costi contenuti.

Per ottenere questi risultati è necessario agire in due step:

1. Ottimizzazione degli edifici: si tratta quindi di interventi di riqualificazione energetica, architettonica e urbanistica. E' importante ristrutturare o costruire edifici che abbiano un basso consumo energetico, spesso è conveniente realizzare edifici passivi. Un'abitazione passiva consente di assicurare il comfort termico senza o con una minima fonte energetica di riscaldamento interna dell'edificio, ovvero senza alcun impianto convenzionale e sfruttando gli apporti termici gratuiti come la radiazione solare, il calore generato dagli elettrodomestici e dagli occupanti. Questi apporti permettono quasi la totale compensazione delle perdite dell'involucro verso l'esterno. Allo stesso tempo gli edifici devono essere progettati in modo da avere bassi impatti ambientali e che siano ben armonizzati nel contesto urbano in cui sono inseriti.
2. Ottimizzazione continua della gestione delle sorgenti di energia: si determina una strategia intelligente per organizzare i flussi energetici in modo ottimale garantendo continuità di servizio alle utenze.

Il modello Power Park fornisce un supporto fondamentale per rendere più competitivo l'utilizzo delle fonti rinnovabili. Il software inoltre, introduce un ulteriore vantaggio: permette infatti di poter gestire in assoluta semplicità i flussi di energia provenienti da potenziali impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili non programmabili, garantendo in ogni circostanza la continuità di servizio all'utente. Le fonti rinnovabili non programmabili come il solare, l'eolico, l'idroelettrico a letto fluente, non permettono di stimare a priori il quantitativo di energia producibile nelle singole ore di funzionamento, per questo sono necessari accumulatori o allacciamenti diretti alla rete di distribuzione dell'energia. In queste situazioni quando l'energia richiesta dalle utenze è inferiore alla produzione degli impianti rinnovabili, il surplus viene impiegato per caricare l'accumulatore o viene immesso in rete, viceversa quando la domanda è maggiore della produzione si completa usufruendo in parte, dell'energia prima accumulata o prelevandola direttamente dalla rete.

Questa tecnologia rappresenta un caso di spiccato successo che permette di evidenziare di fatto quanto sia conveniente investire nel campo dell'innovazione. Il metodo migliore per sostenere la corsa all'efficienza energetica consiste nell'investire le risorse economiche, professionali e politiche nello sviluppo di nuove tecnologie. E' fondamentale concentrare le risorse in un'unica direzione per ridurre i consumi in tempi brevi, armonizzando tra loro tecnologie mature e in via di sviluppo, per rivoluzionare il sistema energetico raggiungendo buoni livelli di competitività. Purtroppo esistono ostacoli che impediscono l'aumento dell'efficienza energetica, sono generati da differenti origini e in parte vanno oltre a possibili vincoli tecnologici. E' possibile distinguere due tipologie:

1. Barriere di natura burocratica: comprendono tutte le difficoltà che si riscontrano nelle fasi autorizzative, e nelle normative che impediscono la generazione distribuita. Si aggiungono inoltre le scarse competenze professionali del settore e il basso livello di informazione.
2. Barriere di natura tecnologica: il problema principale riguarda l'offerta delle tecnologie spesso non innovative o poco collaudate che impediscono un'integrazione omogenea.

Un aiuto sostanziale per abbattere le barriere consiste nel rivoluzionare il punto di vista dei vari sistemi che compongono il mondo energetico, e nel caso specifico è necessario proiettarsi in un'ottica totalmente moderna, in cui si focalizza in un unico elemento l'edificio e l'impianto se non l'intero distretto energetico.

I distretti energetici possono essere inseriti in più contesti; in questo caso si concentrerà l'attenzione sui distretti energetici ad uso abitativo. Tali distretti infatti inseriti in un ambiente residenziale generano un triplice vantaggio:

1. forniscono un supporto concreto per raggiungere gli obiettivi del Protocollo di Kyoto riducendo i consumi e le emissioni di gas serra;
2. riducono i consumi energetici realizzando un risparmio economico per le famiglie di notevole valore;
3. riqualificano l'area inserendo nuove tecnologie, riducendo l'impatto ambientale e ottimizzando dal punto di vista urbanistico.

L'applicazione del binomio Distretto energetico e Power Park permette di ottenere nel campo dell'efficienza energetica riduzioni dei consumi di oltre il 50% rispetto alle soluzioni tradizionali. La descrizione effettuata permette di introdurre un'applicazione di tali modelli, ambientata nella società attuale e soprattutto definita in modo tale da interagire attivamente tutelando le fasce più deboli. L'idea, applicata nel mondo ma soprattutto in Italia, riguarda la creazione di distretti urbani, che oltre ad avere la finalità di riqualificare aree con edifici degradati, intersecando tecnologie all'avanguardia con professionalità e competenze nel settore, forniscono una cornice innovativa di nuove politiche sociali e abitative con l'obiettivo di superare le barriere sociali che distinguono i cittadini in base alla classe di appartenenza. Oltre alle barriere sociali si vogliono abbattere anche le barriere spaziali che in alcuni casi creavano un vero e proprio divario tra edilizia popolare e privata. L'intuizione sta proprio nel fatto di voler concentrare più fattori in un unico progetto, si vuole creare un mix che possa spaziare dallo standard abitativo, all'innovazione tecnologica fino alla consapevolezza sociale e ambientale con marcati caratteri di integrazione sociale e contemporaneamente elevati livelli di qualità.

3.5 Esempi di applicazioni in Europa e in Italia

Nel mondo sono state realizzate applicazioni di natura e di grandezza differenti, adottate nel semplice residence condominiale o all'intero quartiere, creando nell'insieme città proiettate al futuro, dove rispetto per l'ambiente e sviluppo sostenibile delineano i valori essenziali e basilari per queste nuove realtà. L'idea di base è quella di voler riqualificare aree ormai degradate combinando sistematicamente l'integrazione tra società diverse e l'attenzione per l'ambiente circostante, sviluppando globalmente aree residenziali all'avanguardia immerse nel verde. Si illustreranno inseguito esempi realizzati su scale differenti, ma strettamente utili per evidenziare come sia possibile conciliare in un'unica soluzione gli interessi sociali, ambientali ed economici.

1. Quartiere Vauban di Friburgo

Il quartiere è situato in un'area a sud di Friburgo, a 3 km di distanza dalla città, e collocato in una della zone più soleggiate della Germania. Nato per destinazioni ad uso militare, nel 1992 è stato dismesso e sottoposto a vari progetti di riqualificazione energetica. Il quartiere si estende su una zona costituita da tre lotti di terreno per una metratura complessiva di 38 ettari, completati nel 2008. In totale sono state realizzate abitazioni per 5000 residenti e sono stati creati 600 posti di lavoro.

La Germania ha investito molte risorse nello sviluppo di soluzioni in ambito energetico, puntando sempre sulla compatibilità e sinergia tra tradizione e innovazione. Friburgo è una città molto sorprendente per le sue politiche urbanistiche moderne, e per il coinvolgimento attivo della cittadinanza nei cambiamenti climatici, nell'importanza del verde pubblico e nello sfruttamento dell'energie rinnovabili. L'amministrazione di Friburgo ha approvato un piano di riqualificazione energetica che puntasse su obiettivi di natura ambientale e sociale generando un nuova concezione di quartiere integrato. Tali obiettivi hanno permesso di condurre un processo di partecipazione in cui i lotti di terreno sono stati venduti esclusivamente a privati con lo scopo di realizzare edifici energeticamente efficienti. La strategia vincente, per ottenere ottimi riscontri negli ambiti sopra citati, è stata quella di far interagire obiettivi di natura sociale e di natura energetica tra loro al fine di ottenere una perfetta sintonia tra energia e uomo. Gli obiettivi che hanno puntato sullo sviluppo sociale migliorando nettamente la qualità della vita sono:

- equilibrio tra aree residenziali e industriali/commerciali;
- combinazione sociale bilanciata;
- privilegiare la mobilità ciclopedonale e pubblica finanziando il car free;
- progettare in modo partecipato le aree pubbliche;
- progettare con idee diversificate il parco edilizio;

- attuare progetti che favoriscano la coesione sociale;
- creare aree commerciali per soddisfare i bisogni commerciali.

Gli obiettivi in ambito energetico sono:

- edifici a basso consumo energetico, in media vengono progettati in modo che abbiano un fabbisogno energetico inferiore a 55 kWh/m². Esistono alcune soluzioni che prevedono un fabbisogno energetico inferiore 15 kWh/m², che corrisponde al minimo necessario stimato per il riscaldamento degli ambienti nella case di tipologia passiva¹²;
- Plus Energy House sono edifici in cui con l'integrazione di tecnologie moderne per l'isolamento termico e con impianti di produzione dell'energia da fonti rinnovabili garantiscono una produzione di energia maggiore rispetto al fabbisogno necessario;
- realizzazione di un impianto di cogenerazione alimentato a pellet che si aggancia direttamente alla rete di riscaldamento;
- installazione di impianti fotovoltaici e solari per le produzioni di energia elettrica e termica;
- installazione di un sistema di recupero dell'acqua piovana per il riutilizzo in ambito domestico;
- stoccaggio dei rifiuti solidi urbani in digestori adeguatamente dimensionati e progettati per la produzione di biogas.

Concentrando questi accorgimenti nel quartiere di Friburgo si sono ridotte le emissioni di anidride carbonica del 14% rispetto all'anno di partenza 1992, e si stima una riduzione del 40% entro il 2030. Il processo di conversione all'eco-sostenibilità è in continuo sviluppo e aggiornamento prevedendo interventi futuri.

I requisiti dei distretti urbani possono essere applicati con facilità ad interi quartieri ottenendo a tutti gli effetti un ottimo equilibrio tra società e ambiente. Come visto, si riesce a creare una perfetta sinergia tra i cittadini e l'ambiente in cui vivono, rendendoli partecipi in prima persona dei risultati ottenuti. E' possibile e sarà oggetto di studio della tesi, applicare i concetti di distretto urbano a quartieri popolari con un numero più contenuto di abitanti. Si vuole vedere come può influenzare la società l'introduzione di sistemi efficienti che permettano di rispettare l'ambiente

¹² Casa passiva: è un edificio che garantisce il comfort termico e di raffrescamento senza ricorrere all'utilizzo di impianti tradizionali e che necessita di una minima fonte di energia. Solitamente il fabbisogno è coperto dagli apporti termici interni ed esterni.

fornendo supporti economici ai residenti. Si analizzano alcune situazioni già verificatesi in Italia:

1. Residenze di via Arquata, Torino

La località è situata nella Circoscrizione 1, caratterizzata prevalentemente da edilizia residenziale pubblica, realizzata intorno agli anni '20. La capacità abitativa ipotizzata ha individuato circa 2500 abitanti in 42 palazzine per un totale di 900 alloggi circa. Nell'area era presente una situazione sociale complessa. Le cause della crisi di questo complesso residenziale erano di varia natura: era presente un forte degrado fisico dell'area, era carente di servizi pubblici e privati, erano assenti luoghi di incontro e di aggregazione e infine era stata riscontrata una scarsa coesione sociale. Il percorso che è stato realizzato ha previsto misure strutturate al raggiungimento di più elevati standard di abitabilità valorizzando e recuperando il contesto urbano, ambientale, sociale, culturale ed economico. Il processo di riqualificazione ha previsto un approccio integrato in cui enti pubblici, privati, associazioni presenti sul territorio e i singoli cittadini hanno collaborato in una partecipazione compartecipata. E' stato inserito inoltre, un piano di azioni a sostegno morale e psicologico ai cittadini, curato da enti specializzati. L'intervento ha avuto luogo nelle annate comprese tra il 2002 e il 2006.

Gli obiettivi imposti per la riqualifica sociale sono stati i seguenti:

- recupero di ex locali commerciali;
- creazione di piazzette attrezzate con fontane, panchine, parchi giochi;
- sistemazione degli spazi aperti condominiali con creazione di strutture apposite per favorire scambi culturali e sociali;
- creazione di centri per la promozione socio culturale e attività ricreative;
- realizzazione di una sala polifunzionale, con eventuali sedi di polisportive;
- realizzazione di piccoli punti forniti di materiale didattico e culturale come biblioteche, emeroteche convenzionati con i sistemi bibliotecari urbani;
- formazione di centri di assistenza per disabili, anziani e bambini;
- formazione di programmi di reinserimento dei disoccupati;
- programmi di avviamento per lavoratori alle prime esperienze nelle imprese locali.

Dal punto di vista energetico invece, gli obiettivi raggiunti sono stati:

- riqualificazione energetica per 30 edifici portando il fabbisogno energetico entro i limiti imposti dalle normative presenti nel periodo di ristrutturazione;
- sostituzione infissi con serramenti moderni basso emissivi per 180 alloggi;

- rigenerazione del sistema di illuminazione pubblica con lampade a basso consumo;
- installazione di impianti fotovoltaici per un totale di 100 kWp;
- installazione di un impianto fotovoltaico sulla facciata della palazzina con sistema di schermatura del sole per una potenza di 150 kWp;
- installazione di un impianto di trigenerazione¹³ alimentato a gas naturale da 1MWe e 1,2 MWth;
- integrazione di un sistema di monitoraggio e controllo dei flussi energetici che permetta di ottimizzare le domande di energia in funzione della produzione locale dei vettori energetici.

2. Residenze di Sesto Fiorentino

La regione Toscana, nell'ultimo decennio, ha approvato un processo di riqualificazione del patrimonio edilizio residenziale, erogando finanziamenti a sostegno della costruzione di edifici con altissimi profili di efficienza energetica e con le modalità definite dall'eco-sostenibilità. L'obiettivo alla base del progetto consiste nel garantire il benessere abitativo alla portata di tutti i cittadini mantenendo elevati livelli di qualità. L'idea è di fornire a studenti, giovani coppie, cittadini a basso reddito abitazioni all'avanguardia che consumino poco e allo stesso tempo che rispettino l'ambiente. Sono molti i progetti già avviati e portati a termine nella Regione, il profilo seguito per la realizzazione è pressoché uguale, si riporta in seguito la descrizione di un intervento effettuato: si tratta di due alloggi realizzati nella località di Sesto Fiorentino, denominati PL1 e PL13 e consistono nella costruzione di due nuove palazzine con rispettivamente 23 e 18 alloggi.

Gli obiettivi sociali sono:

- sistemazione degli spazi aperti condominiali con installazione di strutture apposite per favorire scambi culturali e sociali;
- criteri di assegnazione delle case comunali basati sulle esigenze e condizioni sociali ed economiche dei cittadini;
- partecipazione attiva dei residenti creando un programma di sensibilizzazione verso il risparmio energetico e di collaborazione efficace ai fini di ottenere i massimi rendimenti dalle abitazioni;

Gli obiettivi energetici sono:

- realizzazione di sistemi a taglio termico per i balconi;

¹³ Con il termine trigenerazione si intende la produzione di tre vettori energetici: elettricità, calore e freddo.

- pareti realizzate in calcestruzzo cellulare con isolamento per uno spessore totale di 40 cm, ottenendo un indice di prestazione energetica di 30 kWh/m²anno;
- installazione di un impianto fotovoltaico ad uso condominiale;
- installazione di terminali di impianto di ultima generazione a pannelli radianti;
- allacciamento alla rete di teleriscaldamento del comune di Sesto Fiorentino.

CAPITOLO 4 – Le utenze, descrizione e stima dei fabbisogni energetici

4.1 Introduzione alla fase operativa

La fase operativa del presente lavoro di tesi ha previsto in primo luogo un periodo di raccolta dati, necessario per procedere alla stima del fabbisogno di energia primaria del complesso di edifici oggetto del lavoro. In secondo luogo, noto il fabbisogno è stato possibile costruire, utilizzando anche dati di riferimento, le curve di carico mensili e giornaliere per ogni edificio e la curva di carico cumulata, fondamentale per realizzare un'ipotesi di una soluzione cogenerativa per soddisfare la richiesta termica complessiva. Successivamente è stata posta l'attenzione sulla migliore collocazione possibile della centrale termica, realizzando opportune valutazioni in base alle aree disponibili. E' appropriato evidenziare che il presente lavoro di tesi è finalizzato a realizzare uno studio sulla fattibilità di un'unica centrale termica per alimentare un complesso definito di edifici. La stima effettuata è il risultato di un'analisi preliminare per valutare la convenienza dell'introduzione di un unico impianto di grossa taglia a sostituzione di numerose caldaie di piccola taglia. La proposta di un impianto cogenerativo è nata dalla possibilità di coprire in parte il carico termico richiesto, completato da adeguate caldaie integrative, e allo stesso tempo produrre energia elettrica conseguendo di fatto, minori emissioni e una riduzione dei costi e dei consumi come evidenziato e richiesto dagli obiettivi del Protocollo di Kyoto in vista dell'anno 2020. Il criterio con cui sono stati scelti gli edifici, in parte è stato influenzato da un precedente progetto realizzato dal comune di Padova in collaborazione con l'Università degli studi di Padova e in parte invece, dalla possibilità di replicabilità ed estensione del lavoro a più zone della città e a più città. Sono state selezionate tipologie di edifici che potessero essere presenti in molti quartieri della città, quali edifici residenziali, alberghi, uffici, parrocchie, polisportive. Inoltre il progetto può essere esteso ed integrato inserendo scuole, supermercati e varie attività commerciali.

4.2 Descrizione dell'area di intervento

L'area presa in considerazione è inserita in un rione residenziale molto urbanizzato, limitrofo al centro cittadino e caratterizzato da un'elevata densità abitativa. La zona si estende in corrispondenza di una delle vie più trafficate e principali della città, via Bembo. La località è denominata Crocefisso e fa parte del quartiere 4 Sud-Est di Padova. Più dettagliatamente la zona si estende nel perimetro delineato da via Bembo, via del Commissario, via Sandelli, via Pinelli e via Venier. Si riporta in seguito la mappa indicativa della zona esaminata.

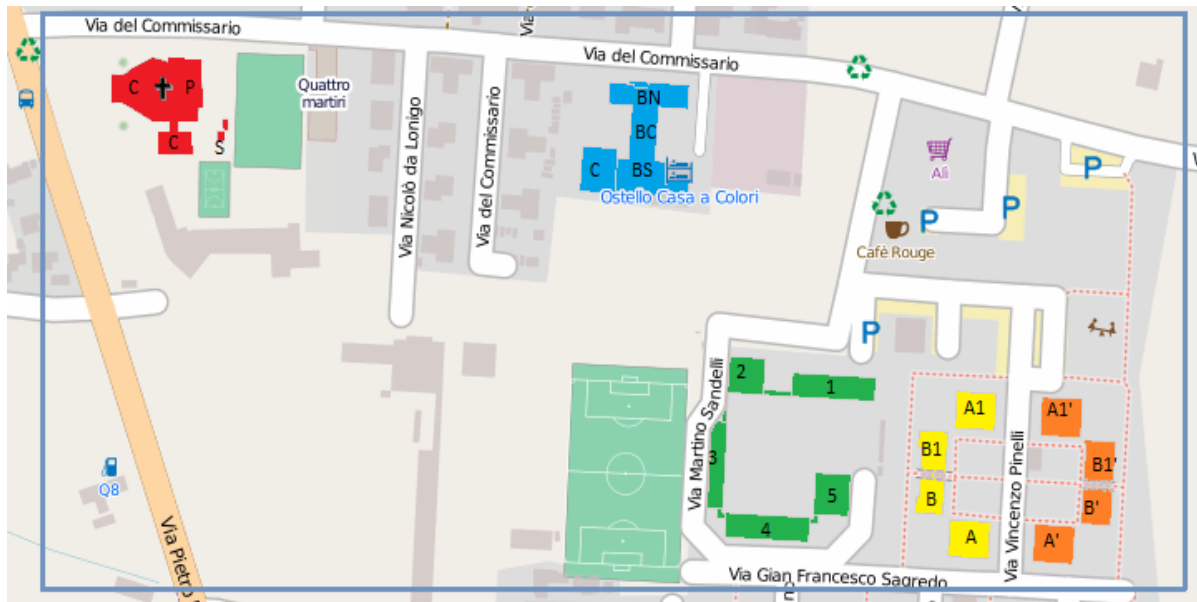


Figura 4.1: mappa dell'area di intervento.

La zona in oggetto è delimitata dal rettangolo blu. Si riporta in seguito la descrizione degli edifici:

- gli edifici verdi sono residenziali, di proprietà del comune di Padova, costruiti nel 1985;
- gli edifici gialli sono residenziali, di proprietà del comune di Padova, costruiti nel 1998;
- gli edifici arancioni sono residenziali, di proprietà dell'A.T.E.R. di Padova, costruiti nel 1998;
- l'edificio azzurro è un edificio non residenziale adibito ad usi terziari. L'edificio è di proprietà della cooperativa sociale Città So.La.Re, ed è stato costruito nel 1964;
- l'edificio rosso è un edificio sia residenziale che non residenziale, adibito ad uso abitativo, ad attività ricreative e a luogo di culto. E' la parrocchia del quartiere Crocefisso di proprietà della Curia di Padova. Gli edifici del complesso parrocchiale sono stati costruiti nel 1965.

La località esaminata nel lavoro di tesi era già stata oggetto di una proposta di progetto europeo denominato Smart RUSH¹⁴, il quale proponeva il miglioramento delle prestazioni energetiche di edifici già esistenti, introducendo un sistema di controllo innovativo che potesse gestire in modo intelligente i flussi di energia, rispondendo efficacemente alle richieste degli inquilini. Il contesto in cui è stato inserito il progetto europeo, e che sarà considerato nella tesi, riguarda l'alto contenuto sociale della località. Sono presenti aree popolari con marcato degrado sociale ed economico, si cerca, dunque, di fornire una soluzione energetica efficiente che permetta di ridurre consumi, i costi e allo stesso tempo che riesca ad integrare tra loro gli inquilini, rendendoli parte attiva del progetto. Smart RUSH è stato strutturato seguendo due fasi principali: la prima consiste nel migliorare le prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto, si includono tecnologie

¹⁴ Smart RUSH è l'acronimo di Renewable Utilities for Social Hub.

impiantistiche moderne, rifacimenti strutturali degli involucri e installazione di impianti a fonte rinnovabile, la seconda invece, prevede l'introduzione di un software con tecnologia innovativa per gestire i flussi di energia elettrica e termica e rispondere tempestivamente ed efficientemente alle richieste degli inquilini, ottimizzando i processi di produzione dei vettori energetici e riducendo i costi. La finalità del software è relativa al controllo e alla gestione dei flussi energetici favorendo la penetrazione delle tecnologie rinnovabili, l'aumento dell'efficienza energetica, la riduzione degli sprechi e dei costi di gestione. L'intero sistema integrato di gestione è in grado di generare la soluzione migliore che permette di massimizzare l'energia elettrica e termica prodotta a livello locale, grazie all'utilizzo di appositi accumuli e di minimizzare l'energia elettrica e il gas metano acquistato dalla rete. Inoltre l'acquisto dell'energia elettrica dall'ente fornitore sarà programmato in modo da rientrare nelle fasce orarie più economiche.

Il progetto vanta numerosi obiettivi, in primo luogo mira a diminuire l'utilizzo di combustibili fossili entro il 2020 e fino al 2050. Come descritto in precedenza il settore edilizio consuma fino al 40% di energia primaria, è necessario quindi, ricorrere a provvedimenti che riescano a migliorare i rendimenti energetici delle nostre abitazioni. In secondo luogo mira ad abbattere i pregiudizi verso il risparmio energetico, a sviluppare consapevolezza e programmi di cooperazione tra gli utenti e a realizzare un effettivo beneficio ambientale ed economico che permetta di ottenere un senso di soddisfazione da parte dell'utente per i risparmi e la qualità del comfort raggiunti. Si istituisce una nuova concezione in cui l'edificio è considerato sia come cliente ma allo stesso tempo come produttore dei due flussi energetici.

Smart RUSH si concentra su aree popolari, le quali rappresentano il 15%¹⁵ degli edifici residenziali presenti, su edifici commerciali ed edifici no profit.

Smart RUSH ha partecipato al progetto europeo Horizon 2020 nel giugno 2015. La valutazione ottenuta non ha raggiunto un punteggio sufficiente per accedere ai finanziamenti. Tra le motivazioni riportate è stata riscontrata la mancanza di soluzioni tecniche concrete e finalizzate al miglioramento dell'efficienza energetica. Con questo lavoro di tesi si vuole fornire una base di supporto per migliorare il progetto precedentemente iniziato, in vista di una possibile ricandidatura.

4.3 Raccolta dati

La raccolta dati ha richiesto un periodo di tempo durato circa due mesi. Grazie al coordinamento funzionale tra gli uffici dei vari settori del comune è stato possibile accedere agli archivi e richiedere le informazioni relative agli edifici. In particolare questo procedimento ha permesso di

¹⁵ I dati sono forniti da Cecodhas, è un comitato di collegamento europeo per il Social Housing.

ricercare i dati relativi agli edifici di proprietà del comune di Padova, in parte conservati negli archivi di Palazzo Gozzi, dove ha sede il settore dell'edilizia pubblica di Padova, in parte nell'archivio generale, situato a Palazzo Sarpi. Purtroppo, a causa dell'età degli edifici, i più vecchi sono stati costruiti 30 anni fa, le informazioni raccolte sono risultate incomplete e non armonizzate con tutte quelle relative agli altri edifici, è stato possibile però ricercare e ricavare una serie di dati utili e omogenei per tutti gli edifici. In particolare i dati essenziali per lo scopo del presente lavoro sono:

- dati relativi alla logistica dell'edificio: numero di alloggi, metratura degli alloggi e disposizione;
- dati relativi alla superficie utile totale riscaldata e al volume riscaldato;
- dati relativi all'anno di costruzione, utili per risalire ad una stima della classe energetica appartenente.

Per i restanti edifici le modalità di raccolta dati sono state effettuate diversamente. Per la parrocchia è stato possibile contattare telefonicamente il parroco, e successivamente i consiglieri della comunità al fine di ottenere le informazioni sopra elencate. Diversamente, per i dati relativi alla Casa Colori sono stati presi in considerazione i dati forniti dal responsabile del complesso, per un precedente progetto denominato PadovaFit, realizzato in collaborazione con il Settore Ambiente e Territorio del comune di Padova. Tra i dati raccolti è risultato di notevole aiuto la presenza degli attestati di prestazione energetica degli edifici. In tutti gli edifici sono stati effettuati inoltre numerosi sopralluoghi per poter visionare direttamente gli edifici rientranti nel progetto di lavoro.

4.4 Descrizione area Corte Pinelli e Corte Pinelli A.T.E.R.

La prima area esaminata si chiama Corte Pinelli, è situata in via Pinelli rispettivamente ai civici 26,28,30,32,34 e 36 per le case rappresentate, nella mappa di figura 4.1, con il colore giallo e di proprietà del comune di Padova, e ai civici 25,27,29,31,33 e 35 per le case rappresentate, sempre nella mappa di figura 4.1, con il colore arancione e di proprietà dell'A.T.E.R. Per vincoli burocratici i dati a disposizione riguardano gli edifici di proprietà del comune di Padova, ma essendo gli edifici realizzati con lo stesso progetto, con gli stessi materiali e negli stessi anni si assume che i dati raccolti siano in grado di rappresentare anche gli altri tre edifici di proprietà A.T.E.R. Gli edifici sono stati identificati con le lettere A, A1, B, B1 per quelli di proprietà del comune e con A', A1', B' e B1' per gli edifici dell'A.T.E.R. Il complesso è stato realizzato su un terreno di 10000 mq, realizzando in totale 108 alloggi, 54 di proprietà del comune e i restanti 54 di proprietà A.T.E.R. Tutti gli alloggi sono di proprietà dei due enti, nessun alloggio è stato venduto a privati.

Gli edifici sono stati realizzati nell'anno 1998.

Secondo il D.P.R. n°74 del 16 Aprile 2013 i presenti edifici sono classificati nella categoria E.1, edifici adibiti a residenza e in particolare alla categoria E.1.1 edifici adibiti a residenza continuativa. La temperatura convenzionale stabilita, sempre da tale decreto, è fissata a 20°C. Inoltre il decreto stabilisce il periodo di funzionamento degli impianti di climatizzazione invernale per la zona climatica in questione, dal 15/10 al 15/04, e stabilisce il limite massimo di funzionamento giornaliero dell'impianto previsto per 14 ore al giorno. Tale periodo e orario può essere modificato in caso di situazioni climatiche sfavorevoli.

Si riporta in seguito una descrizione del complesso residenziale e la disposizione dei vari alloggi per i complessi A, B, B1, A1. La stessa descrizione si assume equivalente per i reciproci edifici A', B', B1', A1'.

Il piano interrato è unico, si estende al di sotto di tutti e tre gli edifici e ricopre una superficie totale pari a 2137 mq. Sono presenti 56 garage di varie metrature, 40 cantine esclusivamente assegnate agli edifici A e A1, 4 locali ascensore, 2 depositi per le biciclette, 4 vani scale con rispettivi ripostigli sottoscala e 2 rampe di accesso ai garage sotterranei per le automobili.

Al piano terra è presente esternamente la corte condominiale con porticato situato all'ingresso dei rispettivi edifici, piazzette e luoghi di incontro collegati da appositi vialetti e accessi carrai ai garage sotterranei. Complessivamente si hanno:

- superficie percorsi pedonali e piazzette: 545,9 mq;
- superficie rampe e accessi carrai: 460,50 mq;
- superfici verdi: 1481 mq;
- superfici coperte: 1307,6 mq.

Inoltre gli edifici A e A1 sono provvisti di cantine sotterranee, a differenza dell'edificio B/B1 che invece è dotato di soffitte. Sono presenti due sale condominiali per favorire le pubbliche relazioni tra i condomini, per promuovere attività di vario genere e come uso funzionale per eventuali riunioni condominiali.

Si riporta in seguito la descrizione dell'ubicazione dei vari alloggi e il riepilogo delle superfici utili e dei volumi riscaldati. Per il calcolo del volume riscaldato è stata considerata l'altezza lorda di 3 metri. Tali dati risultano fondamentali per la stima del fabbisogno di energia primaria degli edifici.

Tabella 4.1: descrizione superfici e volumi riscaldati edifici Corte Pinelli e Corte Pinelli A.T.E.R.

| | SCALA A | | | SCALA B | | | SCALA B1 | | | SCALA A1 | | |
|---------------------|---------|-----------|---------------|---------|-----------|------------------------|----------|-----------|---------------|----------|-----------|---------------|
| | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] |
| ABACO DEGLI ALLOGGI | 1 | 101,55 | 304,65 | 1 | 60,76 | 182,28 | 1 | 60,76 | 182,28 | 1 | 101,55 | 304,65 |
| | 2 | 71,12 | 213,36 | 2 | 51,19 | 153,57 | 2 | 51,19 | 153,57 | 2 | 71,12 | 213,36 |
| | 3 | 71,90 | 215,7 | 3 | 68,36 | 205,08 | 3 | 68,36 | 205,08 | 3 | 71,90 | 215,7 |
| | 4 | 58,50 | 175,5 | 4 | 51,19 | 153,57 | 4 | 51,19 | 153,57 | 4 | 58,50 | 175,5 |
| | 5 | 83,60 | 250,8 | 5 | 89,44 | 268,32 | 5 | 89,44 | 268,32 | 5 | 83,60 | 250,8 |
| | 6 | 58,01 | 174,03 | 6 | 71,68 | 215,04 | 6 | 71,68 | 215,04 | 6 | 58,01 | 174,03 |
| | 7 | 83,60 | 250,8 | 7 | 85,92 | 257,76 | 7 | 85,92 | 257,76 | 7 | 83,60 | 250,8 |
| | 8 | 58,50 | 175,5 | 8 | 71,68 | 215,04 | 8 | 71,68 | 215,04 | 8 | 58,50 | 175,5 |
| | 9 | 91,37 | 274,11 | | | | | | | 9 | 91,37 | 274,11 |
| | 10 | 58,01 | 174,03 | | | | | | | 10 | 58,01 | 174,03 |
| | 11 | 91,37 | 274,11 | | | | | | | 11 | 83,60 | 250,8 |
| | 12 | 58,50 | 175,5 | | | | | | | 12 | 58,50 | 175,5 |
| | 13 | 91,37 | 274,11 | | | | | | | 13 | 91,37 | 274,11 |
| | 14 | 58,01 | 174,03 | | | | | | | 14 | 58,01 | 174,03 |
| | 15 | 91,37 | 274,11 | | | | | | | 15 | 83,60 | 250,8 |
| | 16 | 58,50 | 175,5 | | | | | | | 16 | 58,50 | 175,5 |
| | 17 | 86,19 | 258,57 | | | | | | | 17 | 86,19 | 258,57 |
| | 18 | 58,01 | 174,03 | | | | | | | 18 | 58,01 | 174,03 |
| | 19 | 86,19 | 258,57 | | | | | | | 19 | 86,19 | 258,57 |
| TOT. | 1415,67 | 4247,01 | TOT. | 550,22 | 1650,66 | TOT. | 550,22 | 1650,66 | TOT. | 1400,13 | 4200,39 | |
| TOT. ALLOGGI | 54 | | TOT. GENERALE | | | SUPERFICIE S.U. [mq] | | | 3916,24 | | | |
| | | | | | | VOLUME RISCALDATO [mc] | | | 11748,72 | | | |

4.5 Descrizione area via Sandelli

La seconda area esaminata è situata in via Sandelli, è costituita dagli edifici situati rispettivamente ai civici dall'1 all'8, sulla mappa di figura 4.1 sono rappresentati dagli edifici di colore verde e verranno identificati con i numeri 1, 2, 3, 4 e 5. L'intervento edilizio ha previsto la realizzazione di 5 palazzine per un totale di 80 alloggi. Gli alloggi sono suddivisi nei diversi edifici nel seguente modo:

- 32 alloggi sono stati realizzati su due edifici a torre di 4 piani abitabili ciascuno, sono rappresentati dagli edifici 2 e 5;
- 12 alloggi sono stati realizzati su un unico edificio a linea di 2 piani abitabili, è rappresentato dall'edificio 1;
- 36 alloggi sono stati realizzati su due edifici a linea di 3 piani abitabili ciascuno, sono rappresentati dagli edifici 3 e 4.

Gli appartamenti sono stati progettati seguendo due tagli dimensionali di riferimento:

- appartamenti da 65 mq utili netti, costituiti da 3 locali e servizi per ospitare 3-4 persone;
- appartamenti da 85 mq utili netti, costituiti da 4 locali e servizi per ospitare 4-5 persone;

- nel progetto inoltre sono stati previsti 4 appartamenti adattati per handicappati e motulesi.

I cinque edifici sono disposti planimetricamente a corte e sono collegati tra loro da un sistema di percorsi pedonali coperti. Tra gli edifici inoltre è presente un parco con piazzette adibite a luoghi di incontro per favorire i rapporti sociali. Complessivamente gli edifici sono stati realizzati su un lotto circa 10000 mq.

Secondo il D.P.R n°74 del 16 Aprile 2013 i presenti edifici sono classificati nella categoria E.1. edifici adibiti a residenza e in particolare alla categoria E.1.1 edifici adibiti a residenza continuativa. La temperatura convenzionale stabilita, sempre da tale decreto, è fissata a 20°C. Inoltre il decreto stabilisce il periodo di funzionamento degli impianti di climatizzazione invernale per la zona climatica in questione, dal 15/10 al 15/04, e stabilisce il limite massimo di funzionamento giornaliero dell'impianto previsto per 14 ore al giorno. Tale periodo e orario può essere modificato in caso di situazioni climatiche sfavorevoli.

Si riporta in seguito la descrizione della disposizione dei vari alloggi per i complessi 1, 2, 3, 4 e 5.

Al piano terra è presente esternamente la corte condominiale che si estende omogeneamente tra i cinque edifici, sono presenti vialetti pedonali coperti di collegamento tra i vari edifici, vialetti pedonali scoperti per accesso alle panchine e alle piazzette realizzate all'interno della corte condominiale e porticati coperti disposti rispettivamente all'ingresso di ogni edificio. Perimetralmente agli edifici sono disposti i garage, rispettivamente 12 per l'edificio 1, 16 per l'edificio 2, 18 per l'edificio 3, 18 per l'edificio 4 e 16 per l'edificio 5. Complessivamente si hanno:

- superficie percorsi pedonali e piazzette: 316,19 mq;
- superficie accessi carrai: 2101,73 mq;
- superfici verdi: 4437,58 mq;
- superficie dedicata a parcheggi scoperti: 297,00 mq.

Per la descrizione dell'ubicazione dei vari alloggi si riporta la seguente tabella riassuntiva.

Per determinare i volumi riscaldati è stata ipotizzata l'altezza lorda pari a 3 metri.

Tabella 4.2: descrizione superfici e volumi riscaldati edifici Sandelli.

| | EDIFICIO 1 | | | EDIFICIO 2 | | | EDIFICIO 3 | | | EDIFICIO 4 | | | EDIFICIO 5 | | |
|---------------------|------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|------------|-----------|------------------------|------------|-----------|---------------|------------|-----------|---------------|
| | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] | INT. | S.U. [mq] | V. risc. [mc] |
| ABACO DEGLI ALLOGGI | 1 | 65,59 | 196,77 | 1 | 86,13 | 258,39 | 1 | 65,59 | 196,77 | 1 | 65,59 | 196,77 | 1 | 86,13 | 258,39 |
| | 2 | 65,59 | 196,77 | 2 | 86,13 | 258,39 | 2 | 65,59 | 196,77 | 2 | 65,59 | 196,77 | 2 | 86,13 | 258,39 |
| | 3 | 83,68 | 251,04 | 3 | 70 | 210 | 3 | 83,68 | 251,04 | 3 | 83,68 | 251,04 | 3 | 86,13 | 258,39 |
| | 4 | 65,59 | 196,77 | 4 | 70 | 210 | 4 | 65,59 | 196,77 | 4 | 65,59 | 196,77 | 4 | 86,13 | 258,39 |
| | 5 | 65,59 | 196,77 | 5 | 78,35 | 235,05 | 5 | 65,59 | 196,77 | 5 | 65,59 | 196,77 | 5 | 70 | 210 |
| | 6 | 83,68 | 251,04 | 6 | 78,35 | 235,05 | 6 | 83,68 | 251,04 | 6 | 83,68 | 251,04 | 6 | 70 | 210 |
| | 7 | 65,59 | 196,77 | 7 | 78,35 | 235,05 | 7 | 65,59 | 196,77 | 7 | 65,59 | 196,77 | 7 | 70 | 210 |
| | 8 | 65,59 | 196,77 | 8 | 78,35 | 235,05 | 8 | 65,59 | 196,77 | 8 | 65,59 | 196,77 | 8 | 70 | 210 |
| | 9 | 83,68 | 251,04 | 9 | 65,59 | 196,77 | 9 | 83,68 | 251,04 | 9 | 83,68 | 251,04 | 9 | 78,35 | 235,05 |
| | 10 | 65,59 | 196,77 | 10 | 65,59 | 196,77 | 10 | 65,59 | 196,77 | 10 | 65,59 | 196,77 | 10 | 78,35 | 235,05 |
| | 11 | 65,59 | 196,77 | 11 | 65,59 | 196,77 | 11 | 65,59 | 196,77 | 11 | 65,59 | 196,77 | 11 | 78,35 | 235,05 |
| | 12 | 83,68 | 251,04 | 12 | 65,59 | 196,77 | 12 | 83,68 | 251,04 | 12 | 83,68 | 251,04 | 12 | 78,35 | 235,05 |
| | | | | 13 | 86,24 | 258,72 | 13 | 65,59 | 196,77 | 13 | 65,59 | 196,77 | 13 | 65,59 | 196,77 |
| | | | | 14 | 86,24 | 258,72 | 14 | 65,59 | 196,77 | 14 | 65,59 | 196,77 | 14 | 65,59 | 196,77 |
| | | | | 15 | 69,8 | 209,4 | 15 | 83,68 | 251,04 | 15 | 83,68 | 251,04 | 15 | 65,59 | 196,77 |
| | | | | 16 | 69,8 | 209,4 | 16 | 65,59 | 196,77 | 16 | 65,59 | 196,77 | 16 | 65,59 | 196,77 |
| | | | | | | | 17 | 65,59 | 196,77 | 17 | 65,59 | 196,77 | | | |
| | | | | | | | 18 | 83,68 | 251,04 | 18 | 83,68 | 251,04 | | | |
| TOT. | 859,44 | 2578,32 | TOT. | 1200,1 | 3600,3 | TOT. | 1289,16 | 3867,48 | TOT. | 1289,16 | 3867,48 | TOT. | 1200,28 | 3600,84 | |
| TOT. ALLOGGI | | | 80 | TOT. GENERALE | | | | | SUPERFICIE S.U. [mq] | | | 5838,14 | | | |
| | | | | | | | | | VOLUME RISCALDATO [mc] | | | 17514,4 | | | |

4.6 Descrizione area cooperativa Città So.La.Re

La terza area esaminata è situata in via Del Commissario al civico n° 42, nella mappa di figura 4.1 è rappresentata dagli edifici colorati di azzurro. Il complesso è denominato Condominio la Casa e la sua gestione è affidata alla cooperativa sociale Città So.La.Re. Il complesso è stato costruito su un terreno di 10000 mq circa e nel 1964. Il fabbricato è costituito ed identificato da tre blocchi ognuno dei quali ha una funzione differente:

- Blocco nord (BN): locali adibiti ad uso commerciale, sono presenti uffici e zona bar/ristorante.
- Blocco centrale (BC): locali adibiti ad uso alberghiero, sono presenti camere da letto, sala ristorante e sale riunioni.
- Blocco sud (BS): locali adibiti ad uso alberghiero, sono presenti camere da letto, sala ristorante e sale riunioni.
- Chiesa (C): locali adibiti a culto religioso, sono presenti oltre alla cappella centrale, delle piccole stanze per incontri.

Secondo il D.P.R n°74 del 16 Aprile 2013 i presenti edifici sono classificati nelle categorie: E.1. edifici adibiti a residenza e in particolare alla categoria E.1.3 edifici adibiti ad albergo, pensione e attività similari, per la parte relativa alle camere, E.2 edifici adibiti a uffici e assimilabili per la parte contenete uffici e infine E.4 edifici adibiti ad attività ricreative, associative o luoghi di culto e assimilabili per la parte ristorante e per la chiesa. La temperatura convenzionale stabilita, sempre da tale decreto, è fissata a 20°C. Inoltre il decreto stabilisce il periodo di funzionamento degli impianti di climatizzazione invernale per la zona climatica in questione, dal 15/10 al 15/04, e stabilisce il limite massimo di funzionamento giornaliero dell'impianto previsto per 14 ore al giorno. Gli edifici E.1.3 e E.2 hanno una deroga nel funzionamento dell'impianto e quindi non devono rispettare il limite massimo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione invernale. Come prescritto dall'ultimo decreto sulla certificazione energetica, il DM 26/06/2015, i luoghi di culto non sono soggetti ad eseguire la certificazione energetica dell'edificio.

Si riporta in seguito una descrizione della disposizione dei vari blocchi colorati di azzurro.

Il piano interrato è unico, si estende al di sotto del blocco centrale, del blocco sud e della chiesa. Al piano terra è presente esternamente il parcheggio riservato agli utilizzatori degli edifici e una serie di vialetti pedonali che collegano gli edifici con il parcheggio stesso e con la strada principale. E' presente inoltre la corte privata.

L'edificio blocco nord si estende dal piano interrato al piano primo, conta però solamente due piani abitabili in quanto la parte del piano interrato non è accessibile. L'edificio blocco centrale si sviluppa dal piano interrato al piano secondo realizzando quattro piani abitabili. L'edificio blocco sud è il più grande di tutti, si estende dal piano interrato fino al piano terzo realizzando complessivamente cinque piani abitabili. Infine la chiesa si sviluppa in due piani, il piano interrato non è accessibile mentre al piano terra è presente la cappella con salette adibite a luoghi di incontro. Si riporta in seguito la tabella riepilogativa e descrittiva dei blocchi di edifici, delle superfici e dei volumi riscaldati.

Per il calcolo dei volumi riscaldati è stata ipotizzata l'altezza lorda di 3 metri.

Tabella 4.3: descrizione superfici e volumi riscaldati degli edifici della Casa Colori.

| Superfici Riscaldate [mq] | | | | |
|---------------------------|----------------|--------------------|---------------|--------|
| PIANO | BLOCCO NORD | BLOCCO CENTRALE | BLOCCO SUD | CHIESA |
| Interrato | 0 | 0 | 553,37 | 0 |
| Terra | 350,67 | 293,57 | 530,9 | 290,62 |
| Primo | 316,45 | 288,26 | 537,36 | 0 |
| Secondo | 0 | 252,97 | 558,98 | 0 |
| Terzo | 0 | 0 | 157,45 | 0 |
| TOT | 667,12 | 834,8 | 2338,06 | 290,62 |
| TOTt | 4130,60 | | | |

| Volumi riscaldati [mc] | |
|------------------------|---------|
| Blocco Nord | 2001,36 |
| Blocco Centrale | 2504,4 |
| Blocco Sud | 7014,18 |
| Chiesa | 871,86 |
| TOT | 12391,8 |

4.7 Descrizione area parrocchia del Crocefisso

La quarta area esaminata è situata in via Bembo, è costituita dagli edifici situati rispettivamente al civico n°61/A, sulla mappa di figura 4.1, sono rappresentati dagli edifici color rosso.

Il complesso parrocchiale è costituito dalla chiesa, dalla canonica, dal patronato e dal campo da calcio con annessi spogliatoi, dove ha sede l'unione sportiva del Crocefisso. E' presente inoltre un campetto da basket limitrofo al patronato, utilizzato dai ragazzi della comunità. Tra i dati a cui è stato possibile accedere, manca una relazione tecnica descrittiva dei vari materiali con cui sono stati costruiti gli edifici e un documento che attesti l'anno di costruzione. E' stato possibile contattare i membri del consiglio pastorale, i quali hanno potuto fornire un data ufficiosa di costruzione, più precisamente hanno indicato l'anno 1965. Complessivamente si estende in una zona di circa 14000 mq.

Si riporta in seguito una descrizione dei vari edifici colorati di rosso. Il piano interrato si estende solamente sotto ad una parte della chiesa ed è adibito ad uso di magazzino e deposito. Al piano terra, esternamente, è presente la corte parrocchiale, il parcheggio e i due campi da calcio e da basket. Si riporta la tabella riepilogativa degli edifici e contenete le superfici e i volumi riscaldati. Per il calcolo dei volumi riscaldati è stata ipotizzata l'altezza lorda di 3 metri.

Tabella 4.4: descrizione superfici e volumi riscaldati degli edifici della Parrocchia del Crocefisso.

| Superfici Riscaldate [mq] | | | | |
|---------------------------|--------|----------|-----------|------------|
| PIANO | CHIESA | CANONICA | PATRONATO | SPOGLIATOI |
| Interrato | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Terra | 1140 | 180 | 360 | 110 |
| Primo | 0 | 180 | 0 | 0 |
| Secondo | 0 | 180 | 0 | 0 |
| TOT | 1140,0 | 540 | 360 | 110 |
| TOTt | 2150,0 | | | |

| Volumi riscaldati [mc] | |
|------------------------|------|
| Chiesa | 3420 |
| Canonica | 1620 |
| Patronato | 1080 |
| Spogliatoi | 330 |
| TOT | 6450 |

Secondo il D.P.R n°74 del 16 Aprile 2013 i presenti edifici sono classificati nella categoria E.4. edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili, più specificatamente rientra nella categoria E.4.2 edifici adibiti a luoghi di culto ed E.1.1 edifici adibiti a residenza continuativa. La temperatura convenzionale stabilita sempre da tale decreto è fissata a 20°C. Inoltre il decreto stabilisce il periodo di funzionamento degli impianti di climatizzazione invernale per la zona climatica in questione, dal 15/10 al 15/04, e stabilisce il limite massimo di funzionamento giornaliero dell'impianto previsto per 14 ore al giorno. Tale periodo e orario può essere modificato in caso di situazioni climatiche sfavorevoli. Come prescritto dall'ultimo decreto sulla certificazione energetica, il DM 26/06/2015, i luoghi di culto non sono soggetti ad eseguire la certificazione energetica dell'edificio.

4.8 Le utenze, descrizione teorica

Prima di analizzare e descrivere il modello utilizzato per stimare i fabbisogni energetici di tutti gli edifici facenti parte del lavoro di tesi, è necessario introdurre una descrizione teorica delle varie utenze. In particolare, è stato essenziale studiare i comportamenti di utenze standard al fine di costruire le curve di carico per ogni singolo edificio rientrante nel progetto. Facendo riferimento a Macchi [1], è stato possibile ricostruire le curve di carico annuali e giornaliere per ogni edificio e la curva di carico cumulata per l'intero complesso di edifici.

Ogni tipologia di utenza è caratterizzata da consumi e problematiche differenti, risulta quindi di fondamentale importanza attuare analisi distinte a seconda della destinazione d'uso degli edifici. I comportamenti analizzati riguardano sia utenze residenziali che terziarie. Partendo dalle prime, è risaputo che la peculiarità delle utenze residenziali consiste nella forte variabilità temporale dei carichi termici ed elettrici. Per la richiesta di energia termica questa variabilità viene attenuata e contenuta grazie alla presenza di riscaldamenti centralizzati, accumuli termici e periodi prestabiliti di funzionamento degli impianti di riscaldamento. Per l'energia elettrica invece, la richiesta dipende esclusivamente dalle abitudini degli inquilini e dalle caratteristiche e tipologie di elettrodomestici installati. Per citare un esempio, nell'arco di un anno solare l'utilizzo di elettrodomestici di classe energetica A comporta un consumo di energia maggiore fino al 50% rispetto al consumo degli stessi apparecchi, ma in classe energetica A+++.

La differenza dei consumi aumenta esponenzialmente verso le classi energetiche più basse. Il consumo di energia in un condominio, inteso come insieme di più alloggi, rispetto ad un utenza monofamiliare, risulta più omogeneo nel tempo per mezzo del fattore di contemporaneità dei carichi. L'effetto introdotto dalla contemporaneità delle richieste è positivo se si pensa al funzionamento di un impianto cogenerativo, il quale risulterebbe più regolare lungo l'arco dell'intera giornata. L'utenza di tipo terziario presenta molte casistiche differenti tra loro, che richiedono necessariamente

analisi puntuali e specifiche. Questo settore è caratterizzato da molteplici utenze, ciascuna con andamenti di carico che risultano direttamente dipendenti dallo specifico tipo di utenza considerata.

1. Utenze residenziali condominiali.

Per utenza condominiale si identifica un complesso residenziale costituito da più abitazioni. Un elemento che le utenze del settore civile hanno in comune, riguarda la difficoltà di reperire i dati relativi ai carichi elettrici e termici. Risulta quindi un'operazione complessa e delicata quella di stimare correttamente i diagrammi di carico, necessari per dimensionare e valutare le prestazioni di un impianto di cogenerazione. Rispetto ad un'utenza monofamiliare, la curva dei carichi di un'utenza condominiale deriva dalle curve delle singole utenze che si sommano secondo leggi statistiche, per cui, complessivamente, la richiesta totale tiene in considerazione il fattore di contemporaneità dei carichi. Le curve dei carichi risentono della contemporaneità delle richieste giornaliere e risultano di conseguenza, più regolari durante l'intera giornata rispetto alla singola utenza, mentre risultano più simili gli andamenti mensili dei consumi. Un'ipotesi molto frequente per questo tipo di valutazioni consiste nell'ipotizzare i consumi mensili di un'utenza singola, in termini di valori specifici al metro cubo, coincidenti con quelli delle utenze condominiali. Macchi [1], per stimare le curve di carico ha utilizzato i dati forniti dal progetto MICENE e da ASM S.p.A. Il primo progetto, MICENE (Misure dei Consumi di Energia Elettrica), è uno studio condotto per il Ministero dell'Ambiente e inserito nel progetto europeo Eureco, realizzato da un gruppo di ricercatori del Politecnico di Milano. Il lavoro ha permesso di ricavare dati utili all'elaborazione delle curve di carico elettrico delle abitazioni residenziali, studiando diverse abitazioni tipo. La campagna di monitoraggio è stata condotta tra gli anni 2000 e 2002, su un totale di 110 abitazioni localizzate nelle varie regioni italiane, con una superficie media di 106 m² e abitate da gruppi famigliari eterogenei, composti mediamente da quattro persone. In ciascuna abitazione sono stati monitorati, con intervalli regolari di campionamento di 10 minuti e per un periodo minimo di tre settimane, le seguenti grandezze:

- il consumo di energia elettrica e la punta di potenza richiesta dai principali elettrodomestici;
- il consumo di energia elettrica e la punta di potenza richiesta dai sistemi di illuminazione;
- il consumo di energia elettrica e la punta di potenza del contatore generale;
- la temperatura dell'aria all'interno dei locali.

Tutti i dati raccolti, nelle diverse stagioni dell'anno, sono stati rielaborati al fine di ottenere le curve di carico espresse in valori specifici, riferite alla volumetria dell'edificio considerato. Per la parte riguardante la richiesta termica, sono stati utilizzati come base di riferimento i dati forniti da ASM S.p.A., azienda municipalizzata della città di Brescia, sulla rete di teleriscaldamento. Anche in questo caso, i dati forniti sono stati rielaborati in modo da ottenere le curve di carico annuali e giornaliere riferite alla volumetria dell'edificio considerato. Dal punto di vista dell'energia termica richiesta, l'analisi ha evidenziato che le abitazioni civili hanno mediamente, una richiesta di fabbisogno annuo totale di riscaldamento pari a 35 kWh/m^3 , valore del tutto coerente secondo le stime effettuate dall'AIRU, associazione italiana riscaldamento urbano. Si riportano in seguito i dati medi ottenuti dall'analisi eseguita:

Tabella 4.5: dati medi utenza residenziale.

| DATI | Valori |
|--|--------------------|
| Superficie appartamento | 106 m ² |
| Volumetria | 318 m ³ |
| Fabbisogno energia termica riscaldamento e ACS | 13004 kWh/anno |
| Fabbisogno energia termica per sola ACS | 1885 kWh/anno |
| Fabbisogno energia elettrica | 3981 kWh/anno |

2. Utenza terziaria adibita ad uso alberghiero.

I dati che si riportano in seguito sono riferiti ad un albergo situato nel Nord Italia e caratterizzato dai seguenti valori:

Tabella 4.6: dati medi utenza alberghiera.

| DATI | Valori |
|--|-----------------------|
| Posti letto | 350 |
| Volumetria | 43 000 m ³ |
| Fabbisogno energia termica riscaldamento e ACS | 2 400 000 kWh/anno |
| Fabbisogno energia elettrica | 460 000 kWh/anno |
| Fabbisogno energia elettrica per condizionamento | 718 000 kWh/anno |

Si può notare come sia elevata la richiesta termica rispetto alla richiesta elettrica e come entrambe siano nettamente superiori ai consumi del caso residenziale.

3. Utenza terziaria adibita ad uso ufficio.

I dati che si riportano sono relativi ad un palazzo adibito ad uso ufficio, avente le seguenti caratteristiche:

Tabella 4.7: dati medi utenza terziaria-uso ufficio.

| DATI | Valori |
|--|-----------------------|
| Volumetria | 15 000 m ³ |
| Fabbisogno energia termica riscaldamento e ACS | 563 000 kWh/anno |
| Fabbisogno energia elettrica | 370 800 kWh/anno |
| Fabbisogno energia elettrica per condizionamento | 208 500 kWh/anno |

In questo caso la richiesta elettrica è circa uguale alla richiesta termica, questa situazione è frutto dell'utilizzo elevato di apparecchiature elettroniche, quali computer e fotocopiatrici e dei sistemi di illuminazione sempre in funzionamento nella fascia oraria lavorativa.

4.9 Stima del fabbisogno di energia primaria degli edifici

Per stimare il fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria del complesso di edifici, sono stati utilizzati due dati: la classe energetica e la superficie utile riscaldata. La scelta di questa soluzione è nata sia per motivi logistici, in quanto non era possibile reperire tutti i dati necessari per eseguire una diagnosi energetica per ciascun edificio, sia per motivi tecnici in quanto per lo studio realizzato sulla fattibilità di installazione di un unico impianto, finalizzato a coprire la richiesta di energia termica di un complesso di edifici, non era richiesto un progetto esecutivo ma un'analisi preliminare (ottenuta con valutazioni precise ma con stime più grossolane). In caso di approvazione del progetto e quindi di finanziamento è possibile proseguire con le fasi progettuali definitive ed esecutive e ottenere valutazioni più precise e dettagliate per ogni edificio rappresentate da risultati puntuali e più accurati.

L'ambito della certificazione energetica degli edifici è stato sviluppato e normato recentemente. Fino a pochi anni non si prestava l'adeguata attenzione al risparmio energetico degli edifici, e infatti gran parte del parco edilizio italiano è stato realizzato con basse classi energetiche. Come evidenziato nel precedente capitolo, la classe energetica, prima dell'entrata in vigore dei recenti decreti ministeriali, permetteva di classificare gli edifici in funzione del fabbisogno di energia primaria richiesto per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria. I decreti ministeriali introdotti nel Giugno del 2009 e nel Giugno del 2015 hanno completato la normativa sulla certificazione energetica definendo le nuove linee guida nazionali per la classificazione e ne hanno completato il calcolo inserendo i termini relativi all'energia richiesta per la climatizzazione estiva e per la ventilazione nel settore civile e anche per l'illuminazione artificiale e per il trasporto di persone o cose per il settore non residenziale. Nel presente lavoro, essendo gli edifici antecedenti a questi ultimi decreti, la classe energetica considerata è relativa all'energia richiesta per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Degli edifici oggetto del lavoro di tesi, pochi sono stati sottoposti a diagnosi energetiche con rilascio dell'attestato di prestazione energetica. Grazie alla collaborazione, avvenuta con l'ingegnere civile e l'architetto del comune di Padova che hanno seguito sia la fase progettuale che costruttiva degli edifici residenziali è stato possibile procedere ad una stima indicativa della classe energetica per tutti gli edifici. Per determinare i limiti delle classi energetiche è stata

utilizzata la classificazione energetica realizzata da BESTclass¹⁶, metodo utilizzato su base volontaria, fino all'entrata in vigore del decreto ministeriale del Giugno 2009, il quale ha introdotto le prime linee guida per la classificazione degli edifici. E' nata quindi, una procedura di certificazione energetica applicabile a tutti gli edifici di nuova costruzione e a quelli esistenti. Tale procedura è fondata sul calcolo prestazionale definito dall'impianto normativo esistente e introduce alcune semplificazioni allo scopo di rendere più rapido ma soprattutto più oggettivo e replicabile il processo di valutazione degli indicatori energetici che riguardano sia l'edificio, sia il sistema edificio-impianto. I limiti della classificazione energetica utilizzati sono frutto di un'analisi delle caratteristiche climatiche della zona climatica E, nella quale rientra la città di Padova, e degli utilizzi standard degli edifici e degli impianti. Si riporta in seguito la classificazione adottata.

Tabella 4.8: classificazione energetica.

| Classificazione | Limiti |
|------------------------|--|
| Classe A | Fabbisogno energetico ≤ 30 kWh/m ² anno |
| Classe B | Fabbisogno energetico ≤ 50 kWh/m ² anno |
| Classe C | Fabbisogno energetico ≤ 70 kWh/m ² anno |
| Classe D | Fabbisogno energetico ≤ 90 kWh/m ² anno |
| Classe E | Fabbisogno energetico ≤ 120 kWh/m ² anno |
| Classe F | Fabbisogno energetico ≤ 160 kWh/m ² anno |
| Classe G | Fabbisogno energetico > 160 kWh/m ² anno |

Per ogni edificio sono stati calcolati il fabbisogno energetico minimo, massimo e medio, i primi due valori sono stati valutati tenendo conto dei limiti inferiore e superiore della classe energetica, mentre per il valore medio è stata eseguita la media aritmetica tra il valore minimo e il valore massimo della classe.

Concludendo, per stimare il fabbisogno di energia primaria di ogni edificio è stato eseguito il prodotto tra la classe energetica e la superficie utile riscaldata. Tale operazione fornisce la quantità di energia che il sistema edificio-impianto richiede per raggiungere la temperatura di comfort all'interno degli ambienti per mezzo dell'impianto di riscaldamento e l'energia richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria. Noto il fabbisogno di ogni edificio sono state ricavate le curve di carico annuali e giornaliere e infine la curva di carico cumulata, la quale risulta fondamentale per individuare la taglia dell'impianto cogenerativo e delle caldaie integrative.

¹⁶ La certificazione BESTclass è stata realizzata dalla collaborazione del dipartimento di scienza e tecnologie dell'ambiente BEST del Politecnico di Milano con l'associazione italiana per l'isolamento termico ANIT.

1. Edifici Corte Pinelli e Corte Pinelli A.T.E.R.

Tutti gli edifici rientrano nella classe energetica D, i limiti inferiore e superiore di tale classe sono 70 e 90 kWh/m²anno. La tabella rappresenta entrambi i blocchi di edifici.

Tabella 4.9: stima fabbisogno energetico edifici Corte Pinelli.

| SCALAA | | | | SCALAA B | | | | SCALAA B1 | | | | SCALAA A1 | | | | | | | |
|---------------------|----------------|-----------------------|---------------|----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|------------------|----------------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | | | |
| | | Dmin | Dmax | | | Dmin | Dmax | | | Dmin | Dmax | | | Dmin | Dmax | | | | |
| 1 | 101,55 | 7108,5 | 8124 | 9139,5 | 1 | 60,76 | 4253,2 | 4860,8 | 5468,4 | 1 | 60,76 | 4253,2 | 4860,8 | 5468,4 | 1 | 101,55 | 7108,5 | 8124 | 9139,5 |
| 2 | 71,12 | 4978,40 | 5689,6 | 6400,8 | 2 | 51,19 | 3583,3 | 4095,2 | 4607,1 | 2 | 51,19 | 3583,3 | 4095,2 | 4607,1 | 2 | 71,12 | 4978,4 | 5689,6 | 6400,8 |
| 3 | 71,90 | 5033 | 5752 | 6471 | 3 | 68,36 | 4785,2 | 5468,8 | 6152,4 | 3 | 68,36 | 4785,2 | 5468,8 | 6152,4 | 3 | 71,90 | 5033 | 5752 | 6471 |
| 4 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 | 4 | 51,19 | 3583,3 | 4095,2 | 4607,1 | 4 | 51,19 | 3583,3 | 4095,2 | 4607,1 | 4 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 |
| 5 | 83,60 | 5852 | 6688 | 7524 | 5 | 89,44 | 6260,8 | 7155,2 | 8049,6 | 5 | 89,44 | 6260,8 | 7155,2 | 8049,6 | 5 | 83,60 | 5852 | 6688 | 7524 |
| 6 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 | 6 | 71,68 | 5017,6 | 5734,4 | 6451,2 | 6 | 71,68 | 5017,6 | 5734,4 | 6451,2 | 6 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 |
| 7 | 83,60 | 5852 | 6688 | 7524 | 7 | 85,92 | 6014,4 | 6873,6 | 7732,8 | 7 | 85,92 | 6014,4 | 6873,6 | 7732,8 | 7 | 83,60 | 5852 | 6688 | 7524 |
| 8 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 | 8 | 71,68 | 5017,6 | 5734,4 | 6451,2 | 8 | 71,68 | 5017,6 | 5734,4 | 6451,2 | 8 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 |
| 9 | 91,37 | 6395,9 | 7309,6 | 8223,3 | | | | | | | | | | | 9 | 91,37 | 6395,9 | 7309,6 | 8223,3 |
| 10 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 | | | | | | | | | | | 10 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 |
| 11 | 91,37 | 6395,9 | 7309,6 | 8223,3 | | | | | | | | | | | 11 | 83,60 | 5852 | 6688 | 7524 |
| 12 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 | | | | | | | | | | | 12 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 |
| 13 | 91,37 | 6395,9 | 7309,6 | 8223,3 | | | | | | | | | | | 13 | 91,37 | 6395,9 | 7309,6 | 8223,3 |
| 14 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 | | | | | | | | | | | 14 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 |
| 15 | 91,37 | 6395,9 | 7309,6 | 8223,3 | | | | | | | | | | | 15 | 83,60 | 5852 | 6688 | 7524 |
| 16 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 | | | | | | | | | | | 16 | 58,50 | 4095 | 4680 | 5265 |
| 17 | 86,19 | 6033,3 | 6895,2 | 7757,1 | | | | | | | | | | | 17 | 86,19 | 6033,3 | 6895,2 | 7757,1 |
| 18 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 | | | | | | | | | | | 18 | 58,01 | 4060,7 | 4640,8 | 5220,9 |
| 19 | 86,19 | 6033,3 | 6895,2 | 7757,1 | | | | | | | | | | | 19 | 86,19 | 6033,3 | 6895,2 | 7757,1 |
| TOT. | 1415,67 | 99096,9 | 113254 | 127410,3 | TOT. | 550,22 | 38515,4 | 44017,6 | 49519,8 | TOT. | 550,22 | 38515,4 | 44017,6 | 49519,8 | TOT. | 1400,13 | 98009,1 | 112010,4 | 126011,7 |
| TOT. ALLOGGI | 54 | TOT. GENERALE | | TOT. SUPERFICIE S.U. [mq] | | 3916,24 | | 274136,80 | | 313299,20 | | Dmax | | 352461,60 | | | | | |

2. Edifici complesso Sandelli

Tutti gli edifici rientrano nella classe energetica F, i limiti inferiore e superiore di tale classe sono 120 e 160 kWh/m²anno.

Tabella 4.10: stima fabbisogno energetico edifici Sandelli.

| EDIFICIO 1 | | | | | | | | | | EDIFICIO 2 | | | | | | | | | | EDIFICIO 3 | | | | | | | | | | EDIFICIO 4 | | | | | | | | | | EDIFICIO 5 | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------|----|------|------|----|------|--|--|--|--|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | INT. | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fmin | Fm | Fmax | | | Fmin | Fm | Fmax | | | Fmin | Fm | Fmax | | | Fmin | Fm | Fmax | | | Fmin | Fm | Fmax | | | Fmin | Fm | Fmax | Fmin | Fm | Fmax | Fmin | Fm | Fmax | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 1 | 86,13 | 10335,6 | 12058,2 | 13780,8 | 1 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 1 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 1 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 1 | 86,13 | 10335,6 | 12058,2 | 13780,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 2 | 86,13 | 10335,6 | 12058,2 | 13780,8 | 2 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 2 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 2 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 2 | 86,13 | 10335,6 | 12058,2 | 13780,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 3 | 70 | 8400 | 9800 | 11200 | 3 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 3 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 3 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 3 | 86,13 | 10335,6 | 12058,2 | 13780,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 4 | 70 | 8400 | 9800 | 11200 | 4 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 4 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 4 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 4 | 86,13 | 10335,6 | 12058,2 | 13780,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 5 | 78,35 | 9402 | 10969 | 12536 | 5 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 5 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 5 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 5 | 70 | 8400,0 | 9800 | 11200,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 6 | 78,35 | 9402 | 10969 | 12536 | 6 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 6 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 6 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 6 | 70 | 8400,0 | 9800 | 11200,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 7 | 78,35 | 9402 | 10969 | 12536 | 7 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 7 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 7 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 7 | 70 | 8400,0 | 9800 | 11200,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 8 | 78,35 | 9402 | 10969 | 12536 | 8 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 8 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 8 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 8 | 70 | 8400,0 | 9800 | 11200,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 9 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 9 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 9 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 9 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 9 | 78,35 | 9402,0 | 10969 | 12536,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 10 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 10 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 10 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 10 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 10 | 78,35 | 9402,0 | 10969 | 12536,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 11 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 11 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 11 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 11 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 11 | 78,35 | 9402,0 | 10969 | 12536,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 12 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 12 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 12 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 12 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 12 | 78,35 | 9402,0 | 10969 | 12536,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 86,24 | 10348,8 | 12073,6 | 13798,4 | 13 | 86,24 | 10348,8 | 12073,6 | 13798,4 | 13 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 13 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 13 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 13 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 86,24 | 10348,8 | 12073,6 | 13798,4 | 14 | 86,24 | 10348,8 | 12073,6 | 13798,4 | 14 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 14 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 14 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 14 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 69,8 | 8376 | 9772 | 11168 | 15 | 69,8 | 8376 | 9772 | 11168 | 15 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 15 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 15 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 15 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 69,8 | 8376 | 9772 | 11168 | 16 | 69,8 | 8376 | 9772 | 11168 | 16 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 16 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 16 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 16 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | 17 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 17 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 17 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 17 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | 17 | 65,59 | 7870,8 | 9182,6 | 10494,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | 18 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 18 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 18 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 18 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | 18 | 83,68 | 10041,6 | 11715,2 | 13388,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOT. | 859,44 | 103132,8 | 120321,6 | 137510,4 | TOT. | 1200,1 | 144012 | 168014 | 192016 | TOT. | 1289,16 | 154699,2 | 180482,4 | 206265,6 | TOT. | 1289,16 | 154699,2 | 180482,4 | 206265,6 | TOT. | 1289,16 | 154699,2 | 180482,4 | 206265,6 | TOT. | 1200,28 | 144033,6 | 168039,2 | 192044,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOT. ALLOGGI | 80 | TOT. GENERALE | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOT. [kWh/anno] | | | TOT. SUPERFICIE S.U. [mq] | | | TOT. Fm | | | TOT. Fmax | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5838,14 | | | 817339,60 | | | 934102,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3. Edifici complesso Casa Colori

I tre edifici che costituiscono il complesso della Casa Colori sono rispettivamente:

- Blocco Nord, risulta in classe E, i limiti inferiore e superiore di tale classe sono 90 e 120 kWh/m²anno.
- Blocco Centrale, risulta in classe E, i limiti inferiore e superiore di tale classe sono 90 e 120 kWh/m²anno.
- Blocco Sud, risulta in classe G, i limiti inferiore e superiore di tale classe sono 160 e 200 kWh/m²anno. In questo caso la classe energetica G non ha il limite superiore, è stato dunque ipotizzato il valore 200 kWh/m²anno.
- La chiesa, essendo un luogo di culto, è esonerata dalla certificazione energetica. Tuttavia è stato possibile ipotizzare la classe energetica essendo tale edificio costruito nello stesso periodo e con gli stessi materiali degli altri tre stabili. Risulta in classe energetica E i cui limiti inferiore e superiore sono 90 e 120 kWh/m²anno.

Tabella 4.11: stima fabbisogno energetico edifici Casa Colori.

| CASA COLORI | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|-----------------------|---------|---------|
| BLOCCO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | BLOCCO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | |
| | | Emin | Em | Emax | | | Emin | Em | Emax |
| NORD | 667,12 | 60040,8 | 70047,6 | 80054,4 | CENTRO | 834,80 | 75132 | 87654 | 100176 |
| BLOCCO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | BLOCCO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | |
| | | Gmin | Gm | Gmax | | | Emin | Em | Emax |
| SUD | 2338,06 | 374089,6 | 420850,8 | 467612 | CHIESA | 290,62 | 26155,8 | 30515,1 | 34874,4 |
| TOT. S.U. [mq] | | 4130,60 | | | | | | | |
| TOT. [kWh/anno] | | min | m | max | | | | | |
| | | 535418,2 | 609067,5 | 682716,8 | | | | | |

Analizzando l'utilizzo della chiesa è stato deciso di non inserirla nel progetto in quanto la richiesta termica è molto saltuaria e limitata durante la settimana. Risulta, dunque, più conveniente utilizzare un impianto separato per la climatizzazione invernale.

4. Edifici complesso Parrocchiale

I quattro edifici che costituiscono il complesso parrocchiale del Crocefisso sono rispettivamente:

- la chiesa, essendo un luogo di culto, è esonerata dalla certificazione energetica. Non è stato possibile stimare la classe energetica con i dati forniti. Tuttavia, vista l'età dell'edificio si suppone sia di classe energetica G.
- Il patronato, inizialmente era lo scantinato e il magazzino della chiesa, è stato ristrutturato e portato in classe energetica C, i limiti inferiore e superiore di sono 50 e 70 kWh/m²anno.

- La canonica risulta in classe G, i limiti inferiore e superiore di tale classe sono 160 e 200 kWh/m²anno. In questo caso la classe energetica G non ha il limite superiore, è stato dunque ipotizzato il valore 200 kWh/m²anno.
- Gli spogliatoi risultano in classe G, i limiti inferiore e superiore di tale classe sono 160 e 200 kWh/m²anno. Anche in questo caso la classe energetica G non ha il limite superiore, è stato dunque ipotizzato il valore 200 kWh/m²anno.

Tabella 4.12: stima fabbisogno energetico edifici complesso Parrocchiale.

| PARROCCHIA CROCEFISSO | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------------------|--------|--------|----------|-----------|-----------------------|-------|--------|
| EDIFICIO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | EDIFICIO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | |
| | | Gmin | Gm | Gmax | | | Gmin | Gm | Gmax |
| Chiesa | 1140,00 | 182400 | 205200 | 228000 | Canonica | 540,00 | 86400 | 97200 | 108000 |
| EDIFICIO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | | EDIFICIO | S.U. [mq] | Fabbisogno [kWh/anno] | | |
| | | Cmin | Cm | Cmax | | | Gmin | Gm | Gmax |
| Patronato | 360,00 | 18000 | 21600 | 25200 | Spogli. | 110,00 | 17600 | 19800 | 22000 |
| TOT. S.U. [mq] | | 2150,00 | | | | | | | |
| TOT. [kWh/anno] | | min | m | max | | | | | |
| | | 304400 | 343800 | 383200 | | | | | |

Analizzando gli utilizzi dell'impianto termico della chiesa e degli spogliatoi è stato deciso di escluderli dal progetto. Entrambi gli edifici richiedono un periodo di funzionamento degli impianti poco frequente durante la giornata e la settimana. Per la chiesa è conveniente mantenere una caldaia indipendente di ultima generazione, per gli spogliatoi invece, la cui richiesta maggiore è di acqua calda sanitaria, risulta più conveniente utilizzare un sistema di produzione di acqua calda sanitaria ad accumulo, (genericamente si usano boiler elettrici o a gas metano), e predisporre un sistema di riscaldamento degli ambienti a resistenza elettrica. Differente è la situazione per la canonica e il patronato, i quali risultano avere un utilizzo regolare. La canonica è stata considerata come un'abitazione residenziale mentre il patronato è stato considerato come ufficio avendo orari di utilizzo simili, dovuti ad attività ricreative svolte principalmente nelle ore mattutine e pomeridiane.

4.10 Determinazione delle curve di carico annuali

Per determinare le curve di carico annuali degli edifici sono state utilizzate le curve elaborate dai dati ottenuti dal progetto MICENE e fornite da ASM S.p.A. e riportate nel libro di Macchi [1]. Si riportano in seguito le tabelle e le curve utilizzate. In tutti i casi, gli andamenti dei carichi sono espressi in kWh/m³giorno e sono valori medi per ogni mese. I valori sono stati moltiplicati per i giorni di ogni mese, ottenendo il consumo medio mensile.

1. Utenza residenziale condominiale

L'andamento annuale è stato determinato ipotizzando che l'energia elettrica sia utilizzata

per fornire alimentazione a tutti i servizi e apparecchi elettrici esclusi quelli relativi al condizionamento, e che l'energia termica sia impiegata per il riscaldamento degli ambienti. Per ottenere un consumo di energia termica riferito sia al riscaldamento che alla produzione di acqua calda sanitaria è stato stimato un consumo di acqua calda sanitaria mensile. Utilizzando il valore fornito di 5,2 kWh/giorno e moltiplicandolo per i giorni di ogni mese è stato possibile stimare il consumo medio mensile. Dalla somma di questi ultimi valori calcolati con quelli precedentemente stimati relativi al riscaldamento, si ricava il consumo medio mensile di energia termica per la climatizzazione invernale degli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria. Noti i consumi di energia termica mensili espressi in kWh/mese, sono stati convertiti in percentuale in modo da poter utilizzare tali valori per rapportare i consumi mensili di ogni condominio analizzato e per ricavarne le rispettive curve di carico annuali.

Si riporta l'andamento annuale dei carichi termici ed elettrici per l'utenza condominiale.

Tabella 4.13: andamento annuale dei carichi utenza condominiale.

| Mese | EE [kWh/mcg] | Qth [kWh/mcg] | N° giorni mese | EE [kWh/mcm ese] | Qth [kWh/mcm ese] | Qacs [kWh/mese] | Qacs [kWh/mcm ese] | Qep [kWh/mcm ese] | Qep [%] |
|-----------|--------------|---------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------------|---------|
| Gennaio | 0,025 | 0,255 | 31 | 0,775 | 7,905 | 161,2 | 0,51 | 8,41 | 20,55 |
| Febbraio | 0,025 | 0,245 | 28 | 0,7 | 6,86 | 145,6 | 0,46 | 7,32 | 17,88 |
| Marzo | 0,025 | 0,08 | 31 | 0,775 | 2,48 | 161,2 | 0,51 | 2,99 | 7,30 |
| Aprile | 0,025 | 0,065 | 30 | 0,75 | 1,95 | 156 | 0,49 | 2,44 | 5,96 |
| Maggio | 0,025 | 0 | 31 | 0,775 | 0 | 161,2 | 0,51 | 0,51 | 1,24 |
| Giugno | 0,03 | 0 | 30 | 0,9 | 0 | 156 | 0,49 | 0,49 | 1,20 |
| Luglio | 0,025 | 0 | 31 | 0,775 | 0 | 161,2 | 0,51 | 0,51 | 1,24 |
| Agosto | 0,025 | 0 | 31 | 0,775 | 0 | 161,2 | 0,51 | 0,51 | 1,24 |
| Settembre | 0,03 | 0 | 30 | 0,9 | 0 | 156 | 0,49 | 0,49 | 1,20 |
| Ottobre | 0,025 | 0,065 | 31 | 0,775 | 2,015 | 161,2 | 0,51 | 2,52 | 6,16 |
| Novembre | 0,025 | 0,195 | 30 | 0,75 | 5,85 | 156 | 0,49 | 6,34 | 15,49 |
| Dicembre | 0,025 | 0,255 | 31 | 0,775 | 7,905 | 161,2 | 0,51 | 8,41 | 20,55 |
| TOT | 0,31 | 1,16 | 365 | 9,425 | 34,965 | 1898 | 5,97 | 40,93 | 100,00 |

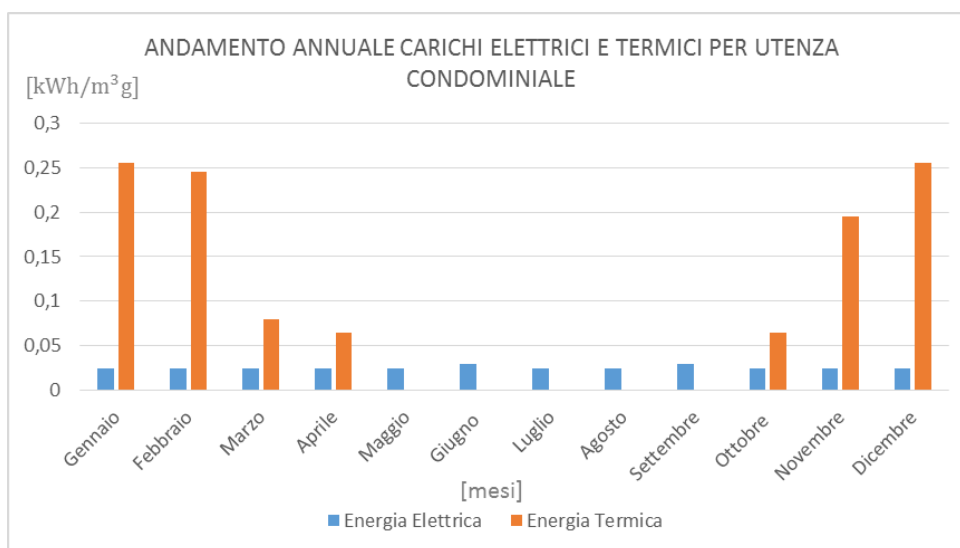


Figura 4.2: andamento annuale dei carichi utenza condominiale.

2. Utenza terziaria adibita ad uso ufficio

In questa situazione l'energia termica fornita è complessiva della quota riferita sia al riscaldamento degli ambienti che alla produzione di acqua calda sanitaria. L'utilizzo di acqua calda sanitaria nei locali destinati ad uso ufficio è relativa solamente agli erogatori dei lavabi dei servizi igienici, ed è di norma quindi, avere valori minori rispetto a quelli stimati nell'ambito residenziale. Noti i consumi di energia termica mensili espressi in kWh/mese, essi sono stati espressi in percentuale in modo da poter utilizzare tali valori per rapportare i consumi mensili per ogni edificio destinato ad uso ufficio analizzato e per ricavarne le rispettive curve di carico annuali.

Si riporta l'andamento annuale dei carichi elettrici e termici per l'utenza terziaria adibita ad uso ufficio.

Tabella 4.14: andamento annuale dei carichi utenza terziaria-ufficio.

| Mese | EE [kWh/mcg] | Qth [kWh/mcg] | N° giorni mese | EE [kWh/mcm] | Qth [kWh/mc] | Qep [%] |
|-----------|--------------|---------------|----------------|--------------|--------------|---------|
| Gennaio | 0,065 | 0,23 | 31 | 2,02 | 7,13 | 18,09 |
| Febbraio | 0,080 | 0,19 | 28 | 2,24 | 5,32 | 13,50 |
| Marzo | 0,070 | 0,1 | 31 | 2,17 | 3,10 | 7,87 |
| Aprile | 0,070 | 0,09 | 30 | 2,10 | 2,70 | 6,85 |
| Maggio | 0,068 | 0,085 | 31 | 2,11 | 2,64 | 6,69 |
| Giugno | 0,070 | 0,025 | 30 | 2,10 | 0,75 | 1,90 |
| Luglio | 0,070 | 0,02 | 31 | 2,17 | 0,62 | 1,57 |
| Agosto | 0,065 | 0,05 | 31 | 2,02 | 1,55 | 3,93 |
| Settembre | 0,075 | 0,06 | 30 | 2,25 | 1,80 | 4,57 |
| Ottobre | 0,070 | 0,095 | 31 | 2,17 | 2,95 | 7,47 |
| Novembre | 0,070 | 0,145 | 30 | 2,10 | 4,35 | 11,04 |
| Dicembre | 0,068 | 0,21 | 31 | 2,11 | 6,51 | 16,52 |
| TOT | 0,841 | 1,3 | 365 | 25,55 | 39,41 | 100,00 |

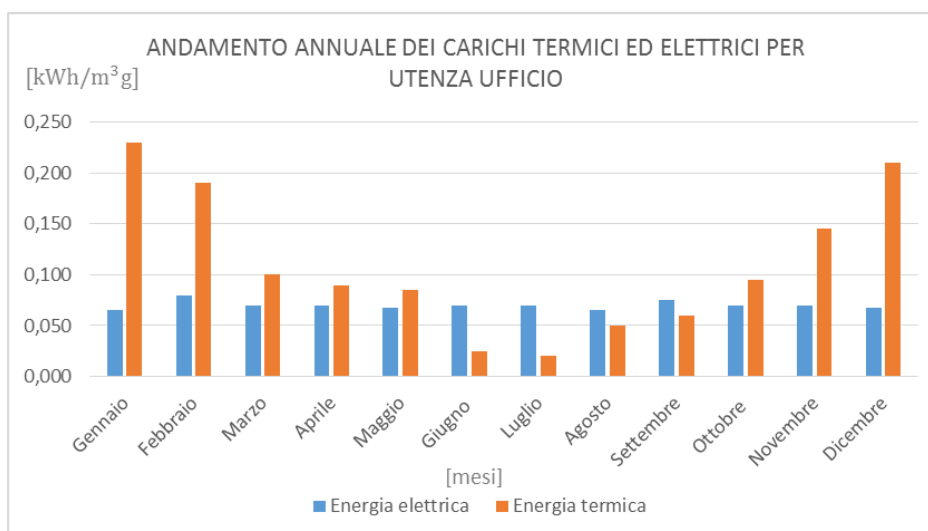


Figura 4.3: andamento annuale dei carichi utenza terziaria-ufficio.

3. Utenza terziaria adibita ad uso alberghiero

Anche in questa situazione l'energia termica fornita è complessiva della quota riferita sia al riscaldamento degli ambienti che alla produzione di acqua calda sanitaria. L'utilizzo di acqua calda sanitari nei locali destinati ad uso alberghiero è simile all'utilizzo stimato nell'ambito residenziale. Noti i consumi di energia termica mensili espressi in kWh/mese, sono stati convertiti in percentuale in modo da poter utilizzare tali valori per rapportare i consumi mensili di ogni edificio destinato ad uso alberghiero analizzato e per ricavarne le rispettive curve di carico annuali.

Si riporta in seguito l'andamento annuale dei carichi elettrici e termici di un'utenza terziaria adibita ad uso alberghiero.

Tabella 4.15: andamento annuale dei carichi utenza terziaria-albergo.

| Mese | EE [kWh/mcg] | Qth [kWh/mcg] | N° giorni mese | EE [kWh/mcm] | Qth [kWh/mcm] | Qep [%] |
|-----------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------|
| Gennaio | 0,035 | 0,29 | 31 | 1,09 | 8,99 | 15,92 |
| Febbraio | 0,035 | 0,29 | 28 | 0,98 | 8,12 | 14,38 |
| Marzo | 0,035 | 0,18 | 31 | 1,09 | 5,58 | 9,88 |
| Aprile | 0,030 | 0,18 | 30 | 0,90 | 5,40 | 9,56 |
| Maggio | 0,030 | 0,055 | 31 | 0,93 | 1,71 | 3,02 |
| Giugno | 0,030 | 0,055 | 30 | 0,90 | 1,65 | 2,92 |
| Luglio | 0,030 | 0,055 | 31 | 0,93 | 1,71 | 3,02 |
| Agosto | 0,030 | 0,055 | 31 | 0,93 | 1,71 | 3,02 |
| Settembre | 0,030 | 0,055 | 30 | 0,90 | 1,65 | 2,92 |
| Ottobre | 0,035 | 0,18 | 31 | 1,09 | 5,58 | 9,88 |
| Novembre | 0,035 | 0,18 | 30 | 1,05 | 5,40 | 9,56 |
| Dicembre | 0,035 | 0,29 | 31 | 1,09 | 8,99 | 15,92 |
| TOT | 0,390 | 1,865 | 365 | 11,86 | 56,475 | 100,00 |

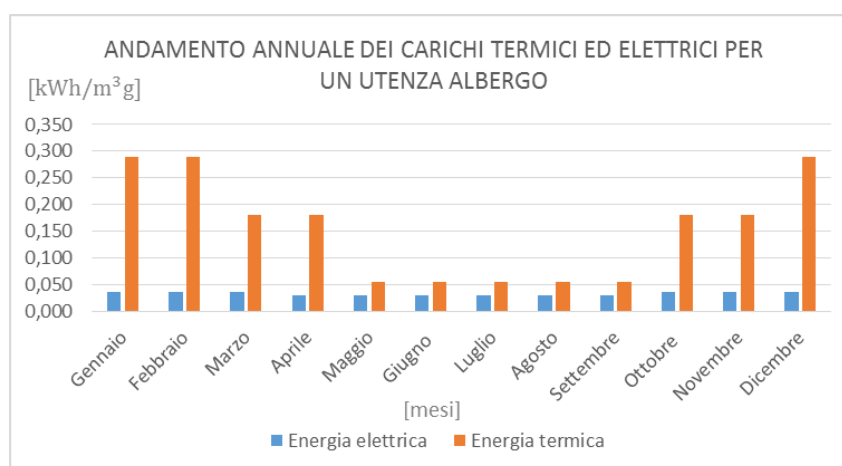


Figura 4.4: andamento annuale dei carichi utenza terziaria-albergo.

4.11 Determinazione curve di carico giornaliera

Per la stima delle curve di carico giornaliera è stato eseguito lo stesso ragionamento utilizzato per la stima delle curve di carico annuali. I valori di potenza delle curve di carico giornaliera presenti

nel libro di Ennio Macchi ed espressi in W/m^3 , sono stati convertiti in percentuale e utilizzati per rapportare i fabbisogni giornalieri di ogni singolo edificio e per determinarne le rispettive curve di carico giornaliera. L'energia termica giornaliera è stata ricavata dal rapporto tra l'energia termica mensile e i rispettivi giorni del mese. L'unica differenza riguarda la curva giornaliera dell'energia elettrica; poiché per gli edifici oggetto del lavoro di tesi non è stato possibile richiedere le letture dei contatori o le bollette, è stato ipotizzato di stimare i carichi elettrici utilizzando i valori specifici forniti in [1] e rielaborati riferendosi alla volumetria di ogni edificio considerato.

1. Utenza residenziale condominiale

I carichi elettrici risultano avere un comportamento più omogeneo durante la giornata, grazie alla contemporaneità delle richieste. Per i carichi termici invece si assume un andamento pressoché simile alla singola abitazione, in quanto essi risultano dipendenti dal clima della località. Inoltre essendo presenti degli orari prestabiliti di funzionamento degli impianti in relazione alla zona climatica, si ipotizza che le richieste termiche siano concentrate su determinate fasce orarie. Ogni abitazione quindi, presenta una richiesta termica più o meno contemporanea rispetto alle altre abitazioni. Anche in questo caso, per stimare l'energia termica complessiva è stato ipotizzato un consumo giornaliero di acqua calda sanitaria da sommare al consumo giornaliero relativo al riscaldamento degli ambienti. Si riporta in seguito l'andamento giornaliero dei carichi elettrici e termici.

Tabella 4.16: andamento giornaliero dei carichi-utenza condominiale-caso invernale ed estivo.

| ora | caso INVERNALE | | | caso ESTIVO | |
|-----|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| | Pth [W/mc] | Pel [W/mc] | Pacs [W/mc] | Pel [W/mc] | Pacs [W/mc] |
| 1 | 0 | 0,8 | 0 | 0,16 | 0 |
| 2 | 0 | 0,7 | 0 | 0,1 | 0 |
| 3 | 0 | 0,6 | 0 | 0,12 | 0 |
| 4 | 0 | 0,53 | 0 | 0,14 | 0 |
| 5 | 7 | 0,51 | 0 | 0,09 | 0 |
| 6 | 20 | 0,53 | 0 | 0,06 | 0 |
| 7 | 27,5 | 0,7 | 0,7 | 0,01 | 0,7 |
| 8 | 30 | 1,08 | 1,3 | 0,11 | 1,3 |
| 9 | 28 | 1,14 | 3,3 | 0,01 | 3,3 |
| 10 | 24 | 1,2 | 1,3 | 0,01 | 1,3 |
| 11 | 22 | 1,16 | 0,35 | 0,01 | 0,35 |
| 12 | 21,5 | 1,08 | 0,3 | 0,01 | 0,3 |
| 13 | 20 | 1,11 | 0,3 | 0,15 | 0,3 |
| 14 | 19,5 | 1,14 | 0,3 | 0,54 | 0,3 |
| 15 | 18,5 | 1,18 | 0 | 0,72 | 0 |
| 16 | 18,5 | 1,19 | 0 | 0,89 | 0 |
| 17 | 20 | 1,2 | 0,3 | 0,69 | 0,3 |
| 18 | 21 | 1,34 | 0,3 | 0,62 | 0,3 |
| 19 | 21,5 | 1,5 | 0,7 | 1,1 | 0,7 |
| 20 | 23 | 1,65 | 2,6 | 1,6 | 2,6 |
| 21 | 22 | 1,8 | 2,6 | 1,49 | 2,6 |
| 22 | 17 | 1,85 | 0,7 | 1,51 | 0,7 |
| 23 | 7,5 | 1,4 | 0,2 | 1,47 | 0,2 |
| 24 | 2 | 1,1 | 0 | 0,6 | 0 |

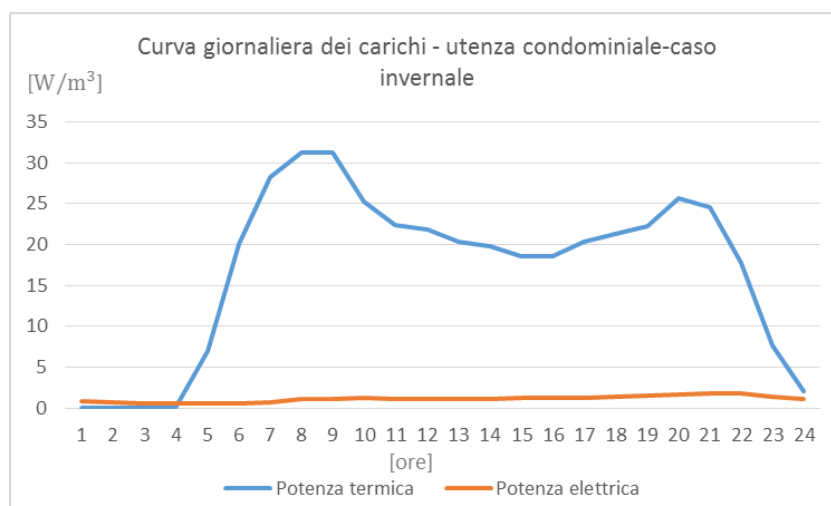


Figura 4.5: curva giornaliera dei carichi-utenza condominiale-caso invernale.

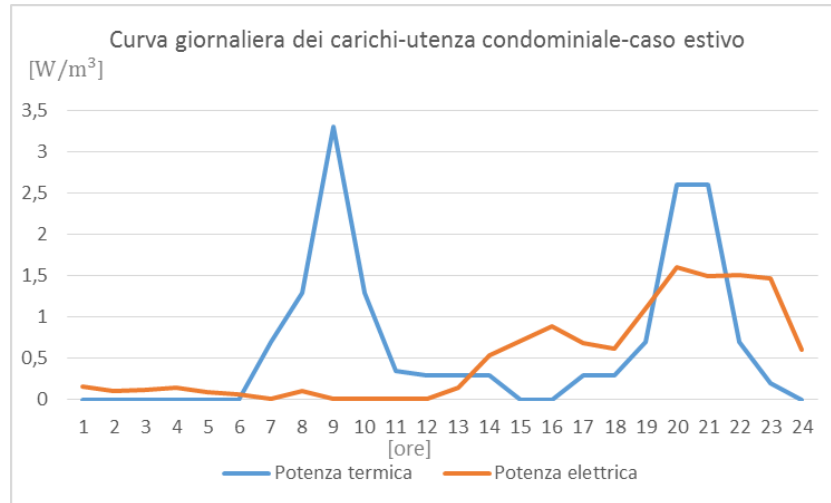


Figura 4.6: curva giornaliera dei carichi-utenza condominiale-caso estivo

2. Utenza terziaria adibita ad uso ufficio

Si riporta in seguito l'andamento giornaliero dei carichi termici ed elettrici.

Tabella 4.17: andamento giornaliero di carichi utenza terziaria-ufficio-caso invernale ed estivo.

| ora | caso INVERNALE | | caso ESTIVO | |
|-----|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | Pth [W/mc] | Pel [W/mc] | Pacs [W/mc] | Pel [W/mc] |
| 1 | 9,3 | 0,8 | 1,15 | 0,7 |
| 2 | 9,7 | 0,8 | 0,85 | 0,7 |
| 3 | 9,75 | 0,8 | 0,85 | 0,7 |
| 4 | 9,7 | 0,8 | 0,85 | 0,7 |
| 5 | 11,3 | 1,3 | 1 | 1,7 |
| 6 | 13 | 1,7 | 0,85 | 1,7 |
| 7 | 11,3 | 3 | 0,85 | 4 |
| 8 | 8 | 4,7 | 0,85 | 4,85 |
| 9 | 7,7 | 5 | 0,85 | 5 |
| 10 | 7 | 5 | 0,85 | 5 |
| 11 | 6,3 | 5,7 | 0,85 | 5,7 |
| 12 | 5,7 | 6,3 | 0,85 | 6,3 |
| 13 | 5 | 6,3 | 0,85 | 6,3 |
| 14 | 4,7 | 6,3 | 0,85 | 6,3 |
| 15 | 4,7 | 6,4 | 0,85 | 6,3 |
| 16 | 5 | 6,3 | 0,85 | 6,3 |
| 17 | 5,7 | 6,3 | 0,85 | 6,3 |
| 18 | 6 | 6 | 0,85 | 5,85 |
| 19 | 7,9 | 3,7 | 0,85 | 3,85 |
| 20 | 8,7 | 2,3 | 0,85 | 2,4 |
| 21 | 7,7 | 1,7 | 0,85 | 1,6 |
| 22 | 8 | 0,8 | 0,85 | 0,7 |
| 23 | 6 | 0,8 | 0,85 | 0,7 |
| 24 | 9 | 0,8 | 0,85 | 0,7 |

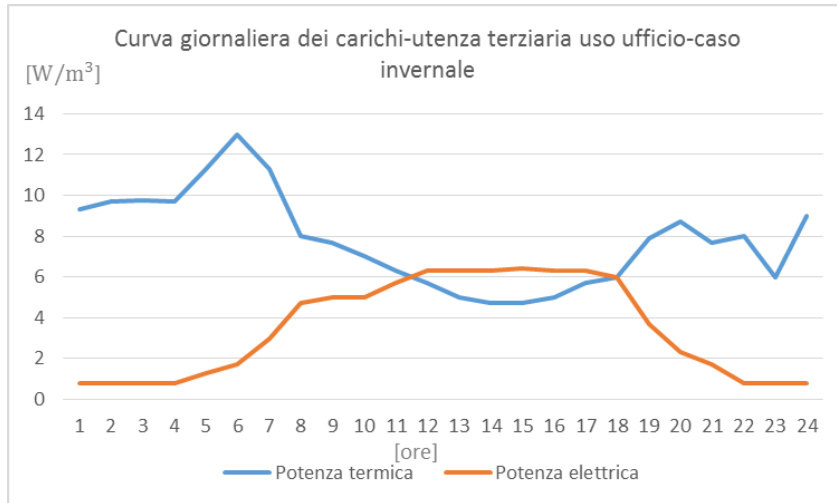


Figura 4.7: curva giornaliera dei carichi-utenza ufficio-caso invernale.

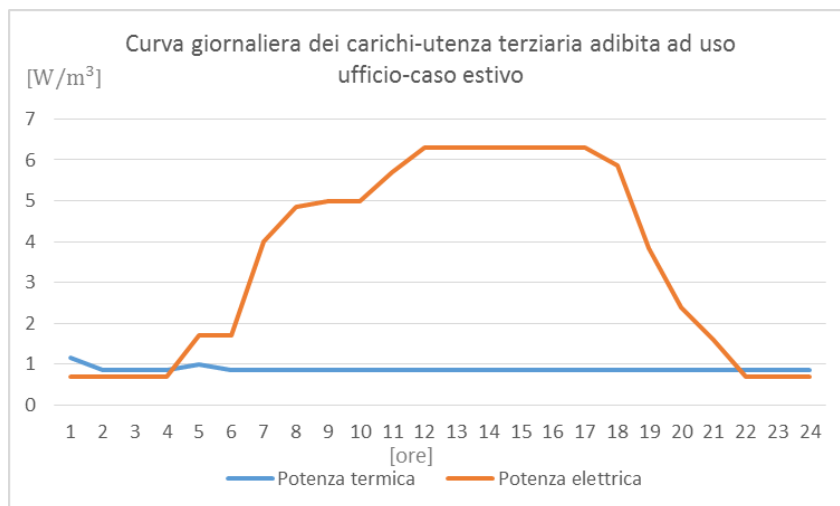


Figura 4.8: curva giornaliera dei carichi-utenza ufficio-caso estivo.

3. Utenza terziaria adibita ad uso alberghiero

Si riporta in seguito l'andamento giornaliero dei carichi elettrici e termici.

Tabella 4.18: andamento giornaliero dei carichi-utenza terziaria-albergo-caso invernale ed estivo.

| ora | caso INVERNALE | | caso ESTIVO | |
|-----|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | Pth [W/mc] | Pel [W/mc] | Pacs [W/mc] | Pel [W/mc] |
| 1 | 6,7 | 0,75 | 0 | 0,9 |
| 2 | 6,9 | 0,7 | 0 | 0,9 |
| 3 | 6,9 | 0,7 | 0 | 0,9 |
| 4 | 6,9 | 1,45 | 0 | 1,3 |
| 5 | 14,5 | 2 | 4,9 | 1,65 |
| 6 | 14,5 | 2 | 4,8 | 2 |
| 7 | 14,5 | 2,1 | 4,75 | 2,1 |
| 8 | 14,5 | 2 | 4 | 1,65 |
| 9 | 14,5 | 2 | 4,4 | 2 |
| 10 | 14,5 | 2 | 8 | 2 |
| 11 | 14,5 | 2 | 9 | 1,65 |
| 12 | 6,7 | 1,45 | 1,1 | 1,3 |
| 13 | 14,5 | 1,1 | 2,2 | 0,9 |
| 14 | 14,5 | 1 | 0 | 1,1 |
| 15 | 14,5 | 1,3 | 2 | 1,3 |
| 16 | 14,5 | 1,3 | 0,7 | 1,3 |
| 17 | 6,7 | 1,2 | 1,9 | 1,1 |
| 18 | 6,7 | 1,3 | 0,7 | 1,3 |
| 19 | 14,5 | 1,3 | 1,1 | 1,1 |
| 20 | 14,5 | 1,1 | 0,9 | 1 |
| 21 | 14,5 | 1 | 0,9 | 0,7 |
| 22 | 14,5 | 1,2 | 0,9 | 0,7 |
| 23 | 14,5 | 1 | 0 | 0,7 |
| 24 | 6,7 | 0,75 | 0 | 0,7 |

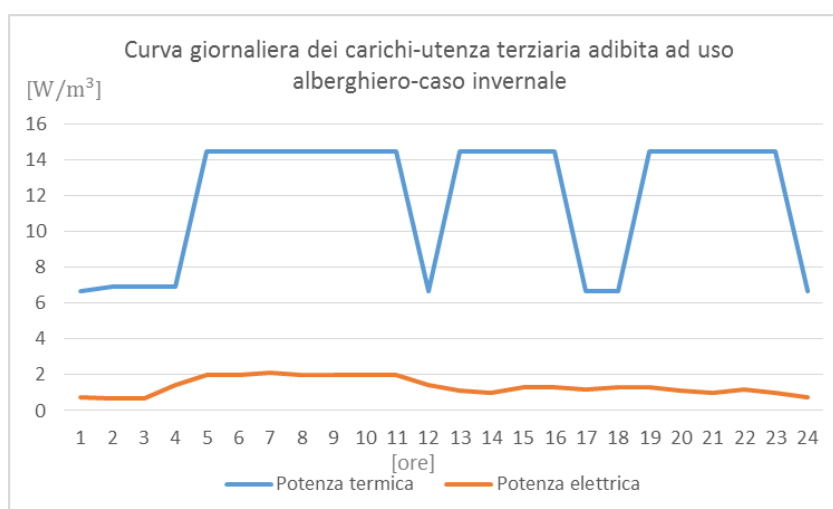


Figura 4.9: curva giornaliera dei carichi-utenza albergo-caso invernale.

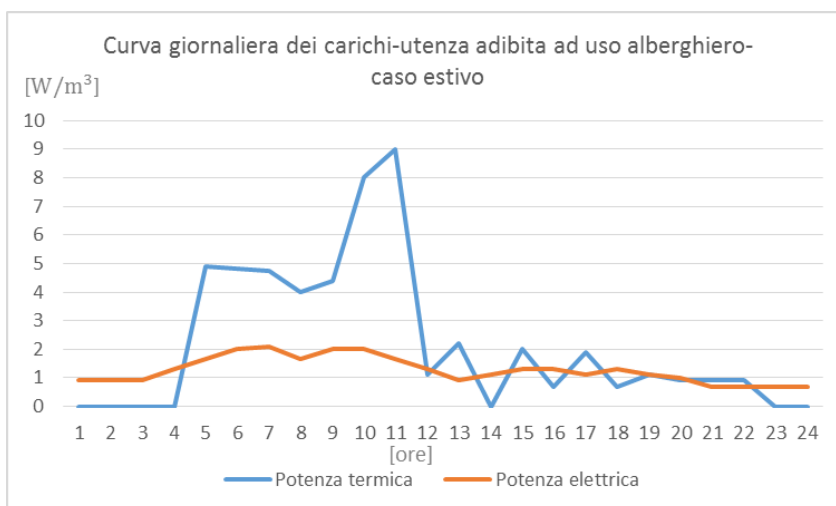


Figura 4.10: curva giornaliera dei carichi-utenza albergo-caso estivo.

4.12 Determinazione curva di carico cumulata

Dopo aver eseguito le operazioni riportate nei paragrafi precedenti per tutti gli edifici facenti parte del progetto, è stata determinata la curva cumulata della richiesta termica. Tale curva infatti, esprime l'andamento della potenza termica richiesta in funzione delle ore dell'anno. Rappresenta per quanto tempo il valore della potenza termica richiesta è stato superiore ad un dato valore. Risulta quindi necessaria per individuare la taglia dell'impianto da installare per coprire il carico richiesto. La soluzione scelta ha l'obiettivo di coprire buona parte della richiesta termica attraverso l'installazione di un impianto cogenerativo e completata con l'integrazione di una o più caldaie integrative per soddisfare i picchi di potenza e i periodi di funzionamento a basso carico. In tal modo l'impianto cogenerativo lavora per molte ore all'anno in un range di potenza prossimo a quella di progetto realizzando in ogni situazione di funzionamento rendimenti elevati. Le caldaie integrative sono indispensabili sia per motivi di sicurezza, in caso di malfunzionamenti e fuori servizio dell'impianto cogenerativo devono essere in grado di coprire l'intero carico, e sia per motivi tecnico-economici in quanto quando sono presenti richieste di basso carico o di alto carico devono intervenire al posto dell'impianto cogenerativo o integrarne la potenza prodotta.

La curva cumulata totale è il risultato della somma tra tutte le curve cumulate degli edifici. Per ogni edificio è stata calcolata la curva cumulata disponendo in ordine cronologico le potenze giornaliere richieste in tutto l'anno e poi riordinando tali valori in funzione della potenza stessa. Per tutti gli edifici inoltre, è stato ipotizzato unitario il fattore di carico orario. Eseguita questa operazione per ogni singolo edificio è stata determinata la curva totale stimando un'incertezza del risultato del 10%. Ottenuta la curva di carico cumulata complessiva è stata determinata un'ulteriore curva cumulata, tenendo in considerazione il fattore di contemporaneità delle richieste stimato, in funzione delle utenze, ad un valore pari a 0,8. Anche in questo caso è stata

considerata un'incertezza del 10%. L'incertezza del 10% è stata inserita per tener conto del fatto che le stime effettuate sono in fase preliminare e quindi, eseguite con valori dimostrativi. Si riportano in seguito le curve cumulate totali.

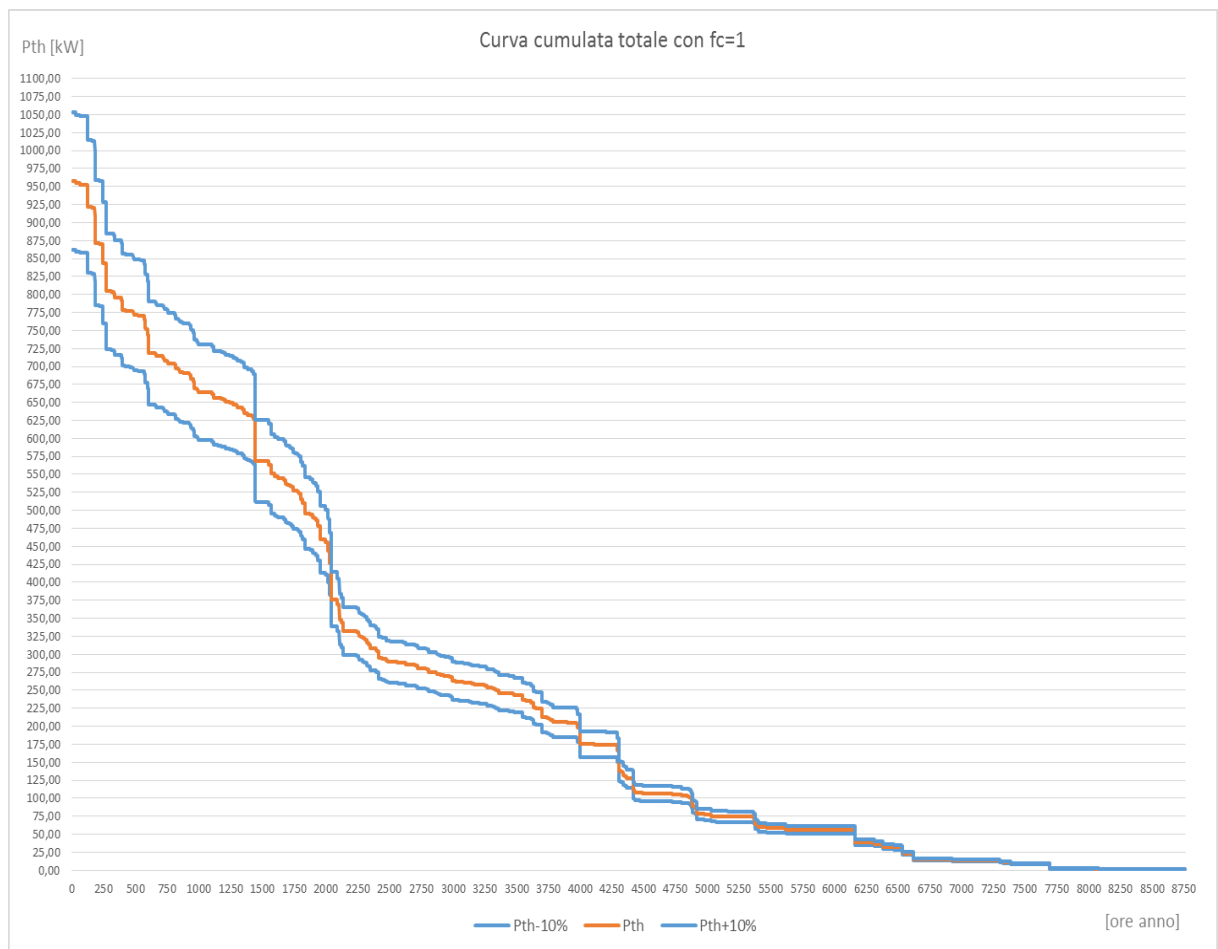


Figura 4.11: curva di carico cumulata con fattore di contemporaneità unitario.

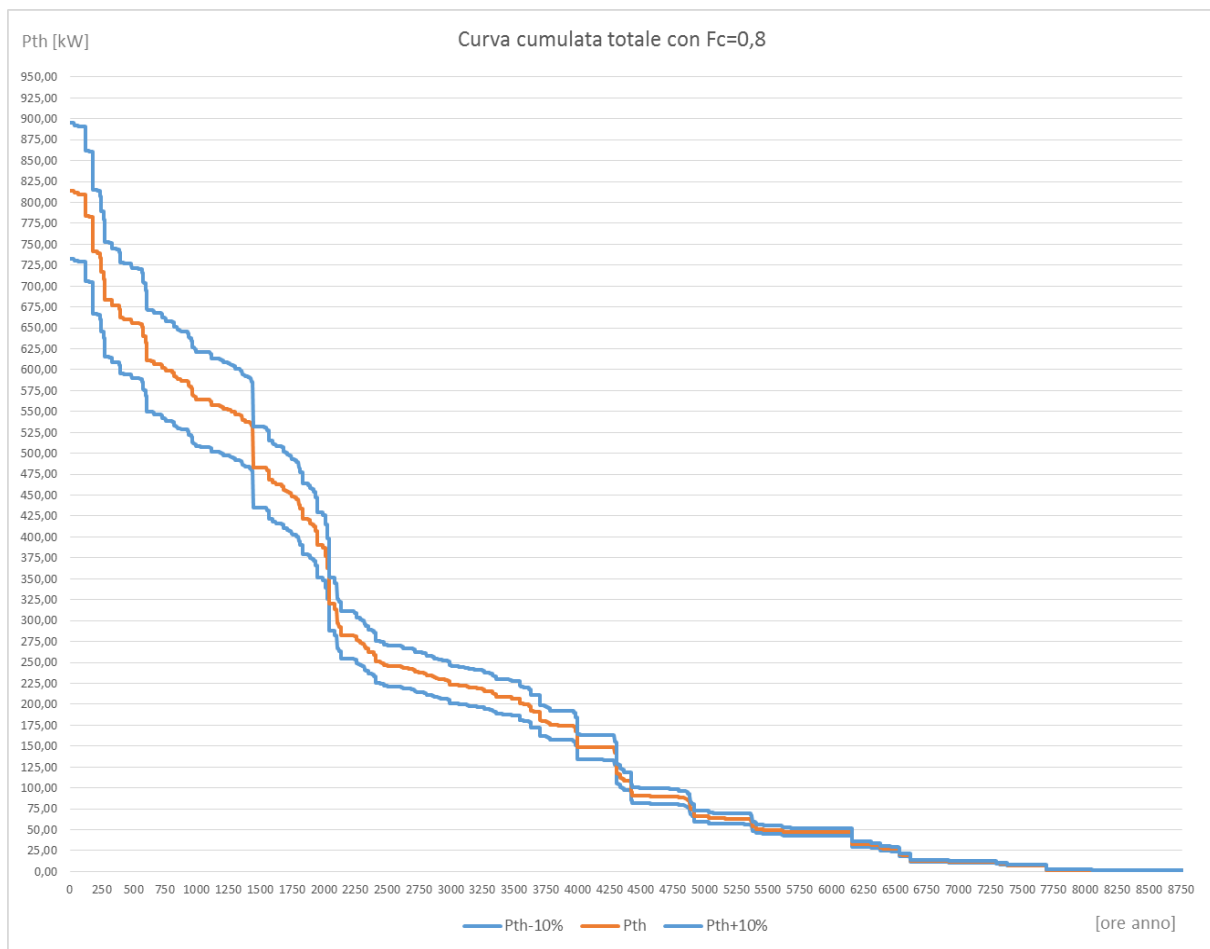


Figura 4.12: curva di carico cumulata con fattore di contemporaneità 0,8.

CAPITOLO 5 – Analisi tecnica

Il seguente capitolo è stato sviluppato concentrandosi sullo studio e sull'analisi delle curve di carico cumulate, rappresentative della richiesta termica totale dell'intero gruppo di edifici, nonché sullo studio dell'area di intervento e sulle possibili modalità di allacciamento delle utenze. Le analisi realizzate sono state strutturate con lo scopo di costruire più scenari differenti tra loro per scelte tecniche, economiche e per alcuni aspetti anche sociali. In particolare, è stata confrontata la situazione attuale, costituita dalla presenza di impianti di riscaldamento di tipo autonomo per gli edifici residenziali e di impianti di riscaldamento di tipo centralizzato per gli edifici terziari, con una nuova soluzione impiantistica, tecnologicamente moderna, finalizzata alla riqualificazione energetica degli edifici. Per sostituire i vecchi impianti esistenti e tutt'ora in funzione, è stata individuata come soluzione l'installazione di un impianto centralizzato di tipo cogenerativo. Tale impianto permette la produzione congiunta di energia elettrica e termica, sfruttando il principio della cascata energetica. La tecnologia adottata prevede l'installazione di un motore a combustione interna per la generazione sia di energia elettrica e sia di energia termica, e di una o più caldaie integrative per la produzione di sola energia termica. L'impianto è stato scelto con l'obiettivo di soddisfare il carico termico della zona, utilizzando congiuntamente l'energia termica prodotta dal motore e dalle caldaie integrative, impiegate per operare nei periodi di picco e di basso carico. La progettazione di un impianto cogenerativo si basa sull'utente termico, il quale deve essere sempre soddisfatto dall'impianto, mentre diversa è la situazione per l'utente elettrico, il quale risulta in ogni istante interfacciato con la rete elettrica che ne garantisce l'alimentazione in ogni circostanza. Le caldaie integrative risultano indispensabili in questa tipologia impiantistica, per motivi sia tecnici che economici. In primo luogo esse permettono di alimentare le utenze in caso di fuori servizio del motore, per manutenzione ordinaria o per guasto, garantendo la continuità di servizio, in secondo luogo permettono di operare in parallelo al motore quando la richiesta è massima o in sostituzione al motore quando la richiesta è minima. Infatti, durante la fase di dimensionamento di un motore ad uso cogenerativo, bisogna considerare che progettargli per coprire una potenza pari a quella di picco risulterebbe una scelta poco performante, in quanto la macchina lavorerebbe, per moltissime ore a regimi di funzionamento diversi dal suo campo operativo di progetto, con conseguente riduzione dei rendimenti. Per ovviare a questi problemi, generalmente si dimensiona il motore per una potenza nominale pari a circa al 50% della potenza di picco, garantendo in questo modo un periodo di funzionamento in un campo operativo ottimale.

L'energia termica prodotta dalla macchina cogenerativa e dalle caldaie ausiliarie sarà impiegata per alimentare una rete di teleriscaldamento che allaccerà tutte le utenze del progetto, mentre

l'energia elettrica prodotta sarà immessa in rete. Sarà possibile stipulare diversi accordi di natura economica, con il gestore della rete elettrica per ottenere benefici misurati in base alla quantità di energia elettrica prodotta e immessa in rete. Una quota dell'energia prodotta potrà essere utilizzata per alimentare il sistema di illuminazione pubblica di quartiere e per progetti che riqualificherebbero la zona, come una postazione di distribuzione dell'acqua, sistema già attivato nei quartieri Guizza e Mortise, eventuale servizio di bike sharing ed altri servizi utili alla popolazione.

5.1 Il motore a combustione interna

La soluzione cogenerativa adottata è costituita, come precedentemente accennato, da un motore a combustione interna e da una o più caldaie integrative. La scelta della tecnologia è influenzata da diversi fattori, tra cui il valore della potenza richiesta. Tale valore rientra nelle classiche taglie dei motori a combustione interna. Come si noterà in seguito, il valore del carico termico da soddisfare con l'impianto cogenerativo richiede un motore di taglia compresa tra 360 e 500 kW. Si riportano le taglie classiche per le diverse tecnologie disponibili:

Tabella 5.1: taglie delle principali tecnologie utilizzate nella cogenerazione.

| Tecnologia | Taglia |
|--------------------|------------------|
| Impianti a vapore | 10 ÷ 100 [MW] |
| Turbine a gas | 1 ÷ 10 [MW] |
| MCI | 1 [kW] ÷ 60 [MW] |
| Microturbine a gas | 1[kW] ÷ 1 [MW] |
| ORC | 10 [kW] ÷ 1 [MW] |

Inoltre la scelta della tecnologia è caratterizzata dalla zona in cui deve essere installato l'impianto. Le località residenziali, come quella oggetto dell'intervento, richiedono impianti che abbiano un basso impatto ambientale e acustico. In questo caso, come spiegato in seguito, con le tecniche attuali è possibile installare motori a combustione interna in appositi container, isolati acusticamente e con sistemi di abbattimento degli inquinanti che permettono di rientrare nei limiti acustici e ambientali imposti dal comune in cui l'impianto è ubicato.

I motori a combustione interna hanno iniziato a far parte delle tecnologie più utilizzate nel settore industriale dalla seconda metà dell'800. Il loro impiego è vastissimo: vengono utilizzati sia per applicazioni mobili, come nella propulsione navale, nella trazione ferroviaria, nel settore automobilistico e nella trazione su gomme in genere e sia per applicazioni stazionarie, come nella generazione di potenza meccanica, per esempio nei gruppi elettrogeni. Più recenti invece, sono le applicazioni nella cogenerazione industriale, risalgono infatti alla seconda metà del '900 e nella cogenerazione civile, frutto anche di disponibilità di modelli di piccola taglia. Le taglie dei motori disponibili sul mercato attualmente coprono un range di potenza da 1 kW_{el} a 60 MW_{el}. La rapida

diffusione nel settore civile e terziario è stata agevolata dalla notevole affidabilità e dai rendimenti elevati con costi contenuti. Questa tecnologia è molto matura, conosciuta e applicata in molti settori. Gli svantaggi, che ne possono limitare la scelta nel confronto con le altre tecnologie, sono il costo di manutenzione, la presenza di vibrazioni e rumorosità nel funzionamento e la necessità di inserire, soprattutto in impianti di taglia elevata, dei sistemi di abbattimento degli inquinanti per limitare le emissioni di CO e NOx. Spesso i motori a combustione interna proprio per la tecnologia matura e ben consolidata vengono preferiti ad altre tecnologie, per esempio con le microturbine a gas per applicazioni di piccola taglia, anche quando il confronto tecnico-economico dimostra una sostanziale equivalenza o in alcuni casi uno svantaggio verso i motori.

Le principali tecnologie di motori attualmente in commercio sono due, denominate in base al ciclo termodinamico che le contraddistingue: il motore a ciclo Otto, ad accensione comandata, e il motore ciclo Diesel, ad accensione spontanea. Entrambi sono poi classificati a seconda di come è svolto il ciclo di lavoro, si parla dunque di motori a due o a quattro tempi. Il numero di tempi indica le corse che effettua il pistone per ogni ciclo di lavoro. I motori presentano un'elevata flessibilità di impiego per quanto riguarda i combustibili utilizzati per l'alimentazione e cambiano a seconda della tipologia, i cicli Otto sono alimentati generalmente a benzina, propano, gas naturale o biogas, mentre i cicli Diesel sono alimentati generalmente a gasolio, biodiesel, oli vegetali o con modalità dual-fuel con gas naturale e una percentuale del 10% circa di gasolio necessario per la fase di autoaccensione. Il combustibile più utilizzato per l'alimentazione dei motori è il gas naturale, il suo utilizzo deriva sia dalla compatibilità ambientale, che per la disponibilità e il costo. Infatti, l'alimentazione a gas metano non prevede l'installazione di serbatoi con conseguenti requisiti tecnici e la richiesta di rifornimenti periodici, ma si può allacciare direttamente alla rete di distribuzione con continuità di fornitura. Inoltre permette di ridurre i costi di manutenzione, consentendo di aumentare le ore di funzionamento tra un intervento e l'altro, prolungandone la vita stessa.

I motori a combustione interna sono caratterizzati da un'ampia flessibilità di utilizzo, requisito fondamentale per il loro impiego nella propulsione dove sono richiesti funzionamenti a regimi di rotazione e a frazioni di carico diverse, passando rapidamente da una condizione di funzionamento all'altra. Richiedono tempi brevi di avviamento e risultano particolarmente adatti a lavorare in condizioni climatiche rigide. Per l'impiego cogenerativo il motore viene fatto lavorare a regime costante, variando solamente la potenza richiesta. Inoltre, nei motori a combustione interna, la produzione di energia elettrica è legata alla produzione di energia meccanica, generata dal movimento del pistone prodotto dall'accensione del combustibile all'interno del cilindro, e l'energia termica prodotta viene ricavata dal recupero di calore di due flussi termici principali: il

primo flusso termico è recuperato dal circuito di raffreddamento del motore, si raggiungono temperature circa di 90-120°C mentre, il secondo flusso termico è recuperato dai gas di scarico, i quali raggiungono temperature elevate, circa 400-500°C.

Il principio di recupero del calore per la produzione di energia termica da un motore a combustione interna ad uso cogenerativo può essere schematizzato nel seguente modo:

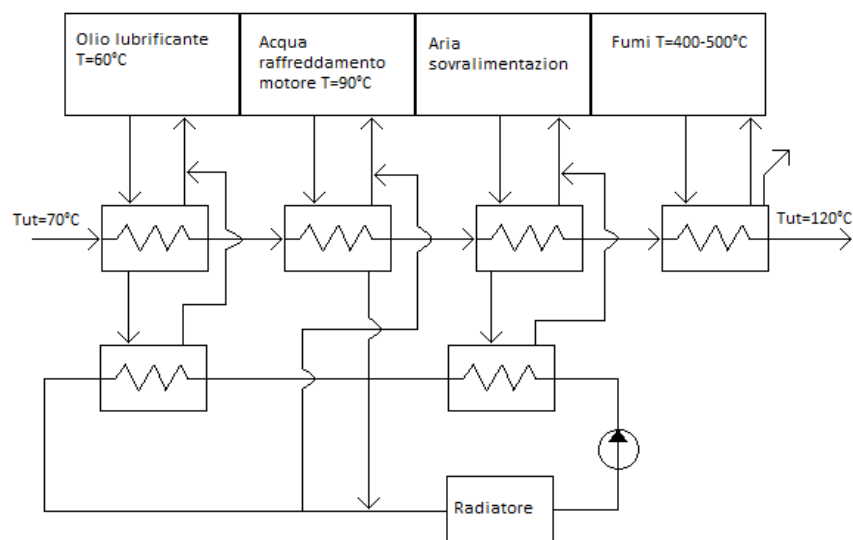


Figura 5.1: schema del circuito di recupero termico.

Si individuano quattro fonti di calore da cui si può recuperare il calore attraverso l'impiego di appositi scambiatori di calore. La modalità classica di recupero del calore prevede una configurazione in cui gli scambiatori sono disposti in serie. Come si nota dallo schema, sono disposti quattro scambiatori di calore che permettono di riscaldare l'acqua da 70°C a 120°C, valori classici per alimentare le utenze residenziali. Complessivamente, riferendosi all'input di combustibile, si recupera circa il 7% dal primo scambiatore che recupera il calore dall'olio lubrificante, circa il 12% dal secondo scambiatore che recupera il calore dall'acqua di raffreddamento del motore, circa il 7% dal terzo scambiatore che recupera calore dall'aria di sovralimentazione, infine il quarto scambiatore recupera circa il 20% del calore dai fumi di scarico. In totale si recupera una quota di energia importante che, in assenza di un circuito di recupero sarebbe dispersa, e riferita all'input di combustibile è pari al 46%. Inoltre per garantire in ogni situazione il raffreddamento del motore si predispone in parallelo il classico sistema di raffreddamento. Tale circuito ha una funzione dissipativa in modo da garantire funzionamenti prossimi alle condizioni nominali al variare del carico termico delle utenze.

I motori a combustione interna utilizzati nella cogenerazione lavorano a numero di giri costante per produrre energia elettrica alla frequenza di 50 Hz. Generalmente il motore è connesso alla

rete in media o in bassa tensione e il funzionamento può avvenire secondo la modalità “grid connected” o “stand alone”. La prima modalità prevede la connessione diretta alla rete, è necessario disporre di dispositivi elettronici per regolare finemente la frequenza al valore di rete, la seconda modalità invece è isolata, necessita di accumulatori, per immagazzinare l’energia elettrica prodotta e garantire la continuità di servizio, e di dispositivi elettronici per fornire in uscita valori di tensione e di frequenza uguali a quelli richiesti dalle utenze. In ogni situazione è necessario salvaguardare il motore, si prevede dunque, l’installazione di un relè di protezione che ne garantisca protezione in caso di distacco improvviso dalla rete.

5.2 Combustibile scelto per l’alimentazione

I motori a combustione interna hanno ampi margini di flessibilità riguardo il combustibile utilizzato. In questo caso, la scelta è stata abbastanza vincolata da una serie di fattori che hanno pregiudicato l’utilizzo di altre tipologie di combustibili. Il combustibile scelto per alimentare l’impianto cogenerativo è il gas naturale. Esso è risultato il più idoneo considerato il contesto in cui è insediato l’impianto; essendo il motore localizzato in una zona residenziale e densamente popolata il gas naturale garantisce i maggiori vantaggi in termini di approvvigionamento, di impatto ambientale e di accettabilità sociale. Rispetto alle alternative solitamente impiegate, come la biomassa e il gasolio, il gas naturale risulta il meno inquinante, non richiede l’installazione di magazzini o serbatoi di accumulo, i quali dovrebbero essere dimensionati a norma di legge e posizionati in adeguati spazi più ampi, ma l’impianto può essere direttamente allacciato alla rete di distribuzione dal gas metano del quartiere. Inoltre l’utilizzo del gasolio e della biomassa richiederebbe un rifornimento periodico del combustibile per evitare disservizi e tale operazione comporterebbe continui trasporti con aumento del traffico veicolare e dell’inquinamento nel quartiere. Per quanto riguarda la biomassa, il comune di Padova non risulta particolarmente adatto a produrre quantitativi elevati per utilizzarli come combustibile e l’acquisto e il trasporto da altre zone aumenterebbe notevolmente il costo complessivo. Attualmente, sono in fase di sviluppo nuovi combustibili come l’idrogeno, purtroppo essendo una tecnologia in via di sviluppo e abbastanza pericolosa sarebbero necessarie misure cautelative e requisiti tecnici troppo restringenti per la zona in cui è installato l’impianto. Il gas naturale, in generale, risulta quindi il combustibile più utilizzato nei sistemi di teleriscaldamento in Italia, con una percentuale del 59%¹⁷.

Si riportano i valori indicativi per le emissioni di un impianto a gas naturale rispetto alle altre fonti energetiche:

¹⁷ Dati forniti da AEEG: Autorità per l’Energia Elettrica e per il Gas e aggiornati al 2013.

Tabella 5.2: valori indicativi delle emissioni in funzione del tipo di combustibile.

| Emissioni [mg/kWh] | Gasolio | Gas Naturale | Biomassa |
|---------------------------|----------------|---------------------|-----------------|
| CO | 10 | 150 | 250 |
| SOx | 350 | 20 | 20 |
| NOx | 350 | 150 | 350 |
| Polveri | 20 | 0 | 150 |

5.3 Analisi delle curve e ipotesi impiantistiche

Con l'obiettivo di effettuare diverse ipotesi impiantistiche, sono state utilizzate due curve cumulate distinte tra loro dal fattore di contemporaneità delle richieste termiche. Per la prima curva è stato impiegato un fattore di contemporaneità unitario, mentre per la seconda è stato impiegato un fattore di contemporaneità stimato, utilizzando come linea guida il principio esposto nell'articolo scientifico "energy and exergy analysis of low temperature district heating network", pari a 0,8.

Le curve cumulate, riportate in seguito, forniscono una visione completa del funzionamento dell'impianto cogenerativo, evidenziandone le porzioni coperte dal funzionamento del motore a combustione interna e quelle coperte dal funzionamento delle caldaie integrative. Tutte le soluzioni proposte prevedono l'utilizzo di motori cogenerativi principalmente di due taglie. Utilizzando diverso materiale, tra cui manuali tecnici e cataloghi, fornito da differenti case produttrici, come Viessmann, 2G Italia e CPL Concordia, è stato possibile individuare due taglie commerciali comprese nel range tra 360 e 500 kWt. Per le analisi eseguite sono stati utilizzati come riferimento, per motivi di completezza dei dati e di disponibilità a fornirli, i motori cogenerativi proposti dall'azienda Viessmann di taglia pari a 498 kWt e 363 kWt.

Per mettere in evidenza i campi in cui operano le caldaie e il motore cogenerativo sono state utilizzate come riferimento, le curve ottenute considerando un'incertezza del 10%.

1. Primo caso: fattore di contemporaneità unitario.

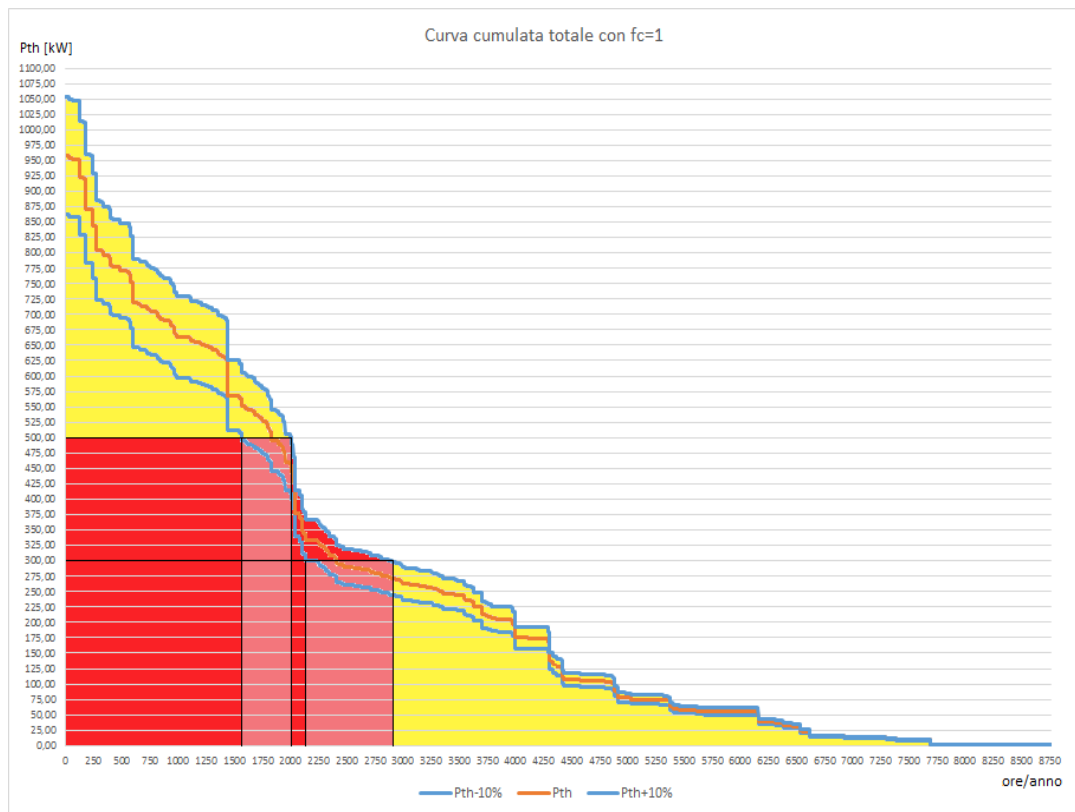


Figura 5.2: curva di carico cumulata con $F_c=1$ e motore da 498 kWt.

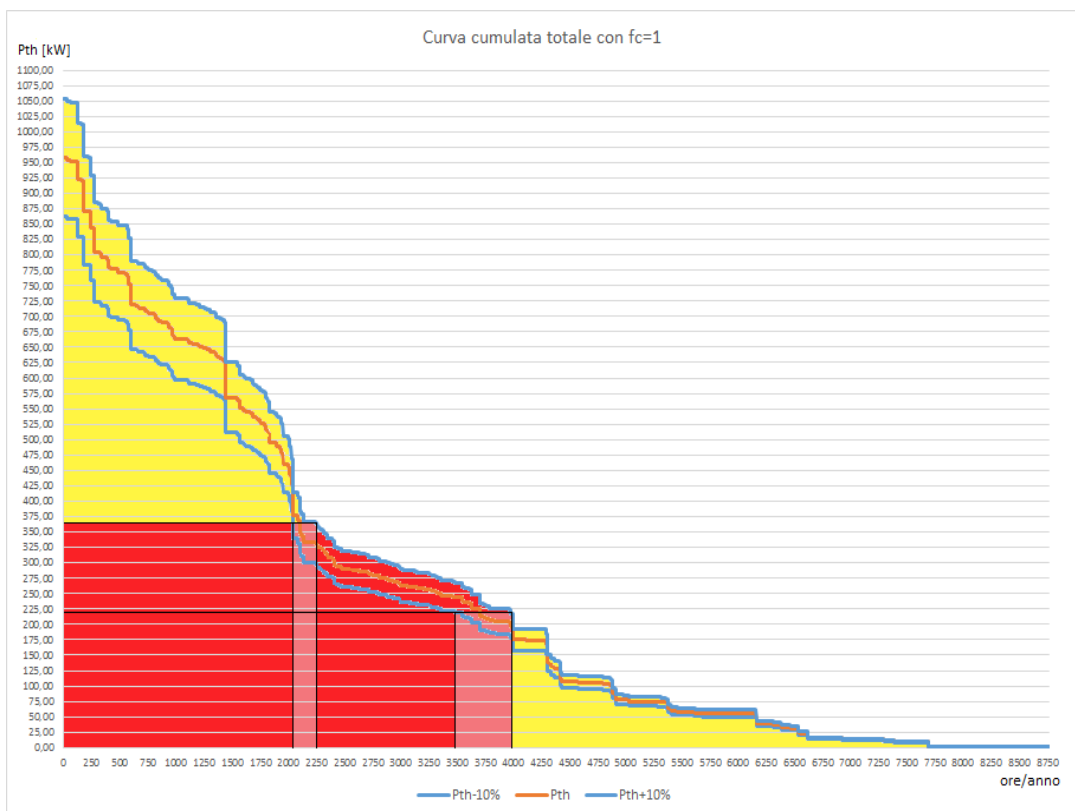


Figura 5.3: curva di carico cumulata con $F_c=1$ e motore da 363 kWt.

Dall'analisi delle curve si evidenzia l'area colorata di rosso che rappresenta il campo di funzionamento del motore a combustione interna, mentre le aree colorate di giallo rappresentano il campo di funzionamento delle caldaie integrative. Le aree colorate di rosso chiaro invece rappresentano l'intervallo di ore di funzionamento del motore tenendo in considerazione la fascia di incertezza del 10%. Il regime di funzionamento consigliato, anche dai produttori stessi, per questa tecnologia di macchine è compreso tra il 100% e il 50% del carico. La potenza termica di picco è stimata in un intervallo compreso tra 860 kWt e 1060 kWt.

Nel primo grafico è stato ipotizzato l'utilizzo di un motore cogenerativo che permetta di fornire a regime una potenza termica pari a 498 kWt. In questa situazione il motore funziona al 100% del carico per un periodo compreso tra le 1500 e le 2000 ore all'anno, successivamente funziona ad un regime compreso tra il 100% e il 50% del carico, fino a funzionare al 50% del carico per un periodo compreso tra le 2200 e le 3000 ore all'anno. Con un motore a combustione interna in grado di sviluppare una potenza termica di 498 kWt, si garantisce un periodo di funzionamento massimo pari a 3000 ore annue, valore in linea con quelli tipici per queste tecnologie e per queste applicazioni. Inoltre, nelle ore di funzionamento è garantita la produzione di energia elettrica.

Nel secondo grafico invece, è stato ipotizzato l'utilizzo di un motore cogenerativo che permetta di fornire a regime 363 kWt. In questa situazione il motore funziona al 100% del carico per un periodo compreso tra le 2000 e le 2250 ore all'anno, successivamente funziona ad un regime compreso tra il 100% e il 50% del carico, fino a funzionare al 50% del carico per un periodo compreso tra le 3500 e le 4000 ore all'anno. Con un motore a combustione interna in grado di sviluppare una potenza termica di 363 kWt, si garantisce un periodo di funzionamento massimo di 4000 ore annue, valore del tutto in linea con quelli tipici di queste tecnologie, per queste applicazioni e maggiore rispetto a quello stimato con l'impiego di un motore di taglia superiore. In questo caso, scegliendo un motore di taglia inferiore si riesce a garantire un periodo di funzionamento maggiore, lungo quasi quanto il periodo convenzionale, definito dalla normativa, di funzionamento degli impianti di riscaldamento e pari a 4344 ore/anno. Inoltre, nelle ore di funzionamento è garantita la produzione di energia elettrica.

Eseguendo una stima grossolana della porzione di curva coperta dal funzionamento delle rispettive macchine e valutata in percentuale, si ricava che nel primo grafico il motore copre complessivamente il 48% della curva, mentre nel secondo grafico copre il 51% della curva. Tenendo in considerazione un'incertezza sull'operazione di calcolo, non si riscontrano

particolari differenze nella scelta della taglia del motore da utilizzare. Dal punto di vista termico si ha un periodo di funzionamento minore nel caso si scelga il motore di taglia superiore anche se a regime raggiunge valori di potenza superiori rispetto all'altro motore, viceversa, il motore di taglia inferiore garantisce un periodo di funzionamento maggiore ma con potenza prodotta a regime inferiore. Per quanto riguarda l'energia elettrica prodotta, cambia a seconda della taglia scelta. Il motore da 498 kWt a pieno regime è in grado di sviluppare una potenza elettrica pari a 363 kW, mentre il motore da 363 kWt a pieno regime ne sviluppa 238 kW. Si nota che, a parità di condizione di funzionamento, si verifica una differenza di produzione di energia elettrica del 35%. Considerando l'energia totale prodotta, tale differenza di produzione viene, in parte, attenuata dalle maggiori ore di funzionamento del motore di taglia inferiore.

2. Secondo caso: fattore di contemporaneità 0,8.

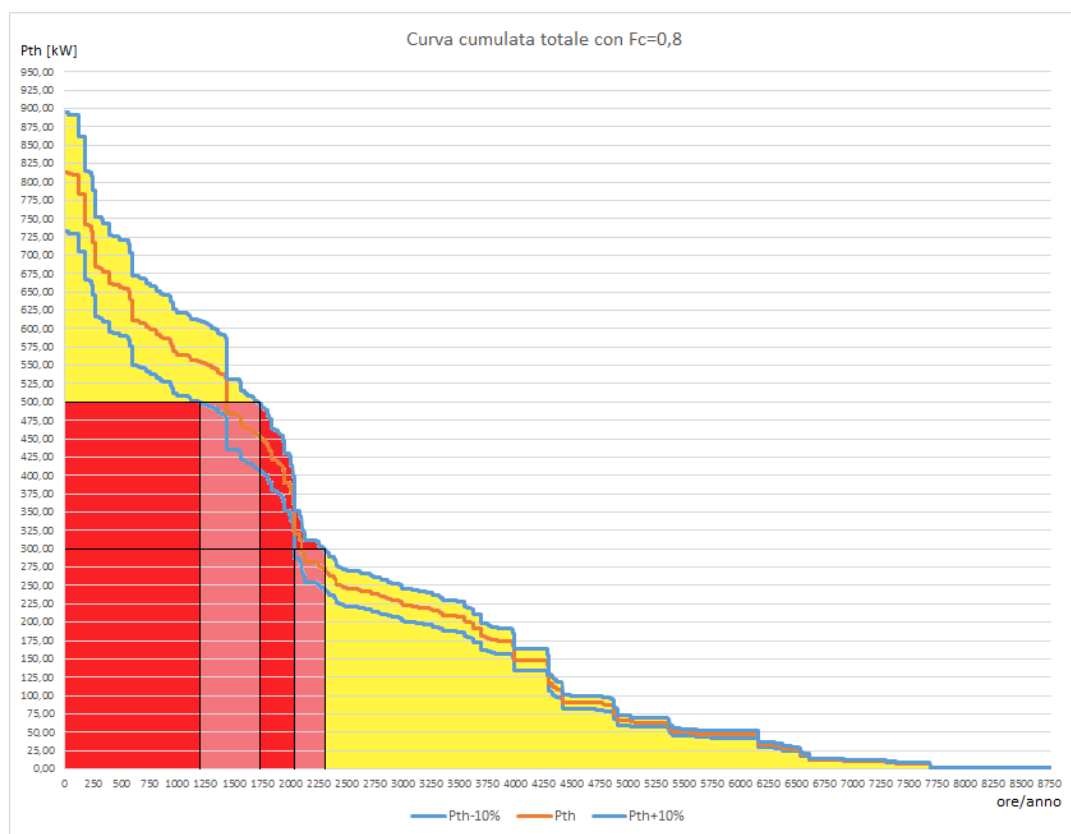


Figura 5.4: curva di carico cumulata con $F_c=0,8$ e motore da 498 kWt.

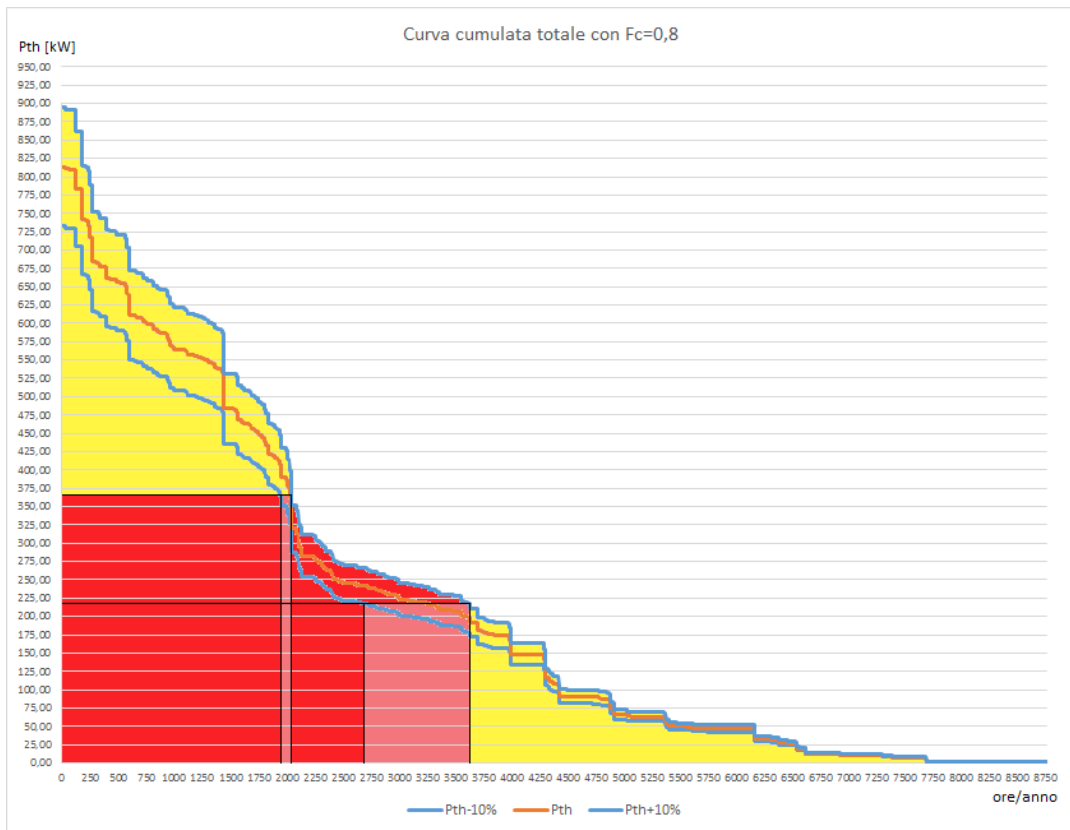


Figura 5.5: curva di carico cumulata con $F_c=0,8$ e motore da 363 kWt.

Anche in questa situazione, dall'analisi delle curve si evidenzia l'area colorata di rosso che rappresenta il campo in cui opera il motore cogenerativo, mentre le aree colorate di giallo rappresentano il campo in cui operano le caldaie integrative. Le aree colorate di rosso chiaro invece rappresentano l'intervallo di ore di funzionamento del motore tenendo in considerazione l'incertezza del 10%. Il regime di funzionamento consigliato, anche dai produttori stessi, per questa tecnologia di macchine è compreso tra il 100% e il 50% del carico. La potenza termica di picco è stimata in un intervallo compreso tra 735 e 890 kWt.

Nel primo grafico è stato ipotizzato l'utilizzo di un motore cogenerativo che permetta di fornire a regime 498 kWt. In questa situazione il motore funziona al 100% del regime per un periodo compreso tra le 1200 e le 1700 ore all'anno, successivamente funziona ad un regime compreso tra il 100% e il 50%, fino a funzionare al 50% del carico per un periodo compreso tra le 2050 e le 2250 ore all'anno. Con un motore a combustione interna in grado di sviluppare una potenza termica di 498 kWt, si garantisce un periodo di funzionamento massimo di 2250 ore annue, valore al limite con quelli tipici di queste tecnologie e per queste applicazioni. Inoltre, nelle ore di funzionamento è garantita la produzione di energia elettrica.

Nel secondo grafico è stato ipotizzato l'utilizzo di un motore cogenerativo che permetta di fornire a pieno carico 363 kWt. In questa situazione il motore funziona al 100% del regime per

un periodo compreso tra le 1900 e le 2000 ore all'anno, successivamente funziona ad un regime compreso tra il 100% e il 50%, fino a funzionare al 50% del carico per un periodo compreso tra le 2700 e le 3700 ore all'anno. Con un motore a combustione interna in grado di sviluppare 363 kWt, si garantisce un periodo di funzionamento massimo di 3700 ore annue, valore in linea quelli tipici di queste tecnologie, per queste applicazioni e maggiore rispetto a quello stimato con un motore di taglia superiore. In questo caso, scegliendo un motore di taglia inferiore si riesce a garantire un periodo di funzionamento maggiore, che si avvicina maggiormente, al valore del periodo convenzionale di funzionamento degli impianti di riscaldamento definito dalla normativa e pari a 4344 ore/anno. Inoltre in queste ore di funzionamento è garantita la produzione di energia elettrica.

Anche per il secondo caso è stata eseguita una stima grossolana delle aree coperte dai rispettivi impianti e calcolate in percentuale. Si ricava che nel primo grafico il motore copre complessivamente il 38.6% della curva, mentre nel secondo grafico copre il 45%. Tenendo in considerazione l'incertezza del risultato si può constatare che il motore da 363 kWt è più adatto per questo secondo caso e riesce a coprire una percentuale maggiore della curva di carico. Dal punto di vista elettrico, come nel precedente caso, cambia la potenza prodotta a seconda della taglia scelta. Il motore da 498 kWt a pieno regime è in grado di sviluppare una potenza elettrica pari a 363 kW, mentre il motore da 363 kWt a pieno regime ne sviluppa 238 kW. Si nota che, a parità di condizione di funzionamento, si verifica una differenza di produzione di energia elettrica del 35%. Considerando l'energia totale prodotta, tale differenza di produzione viene, in parte, attenuata dalle maggiori ore di funzionamento del motore di taglia inferiore.

In seguito invece, si riportano diverse configurazioni impiantistiche, realizzate con l'obiettivo di offrire una valutazione tecnica, economica e sociale sulle possibili combinazioni che possono verificarsi nella scelta del motore cogenerativo e delle caldaie integrative. L'indicazione del costo di ogni singola macchina fornisce un'idea indicativa sul capitale necessario per l'acquisto dei soli macchinari e su come la scelta di una macchina di certa taglia rispetto ad un'altra di taglia diversa, possa influenzare la spesa finale. Tutti i prezzi utilizzati sono stati tratti dai listini forniti dalla case produttrici e possono variare a seconda dell'azienda.

In questo caso per realizzare le potenziali configurazioni impiantistiche proposte, sono state utilizzate, per semplicità, le curve cumulate medie.

Nella prima analisi svolta, tutte le combinazioni effettuate prevedono l'installazione di componenti nuovi, successivamente invece, sono state esaminate le caldaie presenti, per le quali è prevista la sostituzione con l'impianto cogenerativo, per verificare l'opportunità di recuperarle

e inserirle all'interno del nuovo impianto, evitando in tal modo l'acquisto di nuovi componenti. Per le caldaie per cui non è fattibile il recupero è stata esaminata l'opportunità di utilizzare i locali adibiti a centrale termica e quindi, già a norma di legge, per essere impiegati come possibili punti in cui localizzare parte dell'impianto di nuova installazione. Quest'ultime operazioni proposte hanno la finalità di aumentare ed arricchire a livello sociale il progetto, auspicando ad un incremento della cooperazione tra gli utenti, cercando di renderli maggiormente attivi e collaborativi all'interno del progetto stesso.

Per i motori a combustione interna ad uso cogenerativo sono stati utilizzati i modelli Vitobloc 200 EM-363/498 e Vitobloc 200 EM-238/363 proposti dall'azienda Viessmann, di cui si riportano in seguito le principali caratteristiche tecniche a seconda del regime di funzionamento:

Tabella 5.3: caratteristiche tecniche motore Viessmann Vitobloc da 498 kWt.

| Vitobloc 200 EM-363/498 | Regime al 50% | Regime al 75% | Regime al 100% |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Potenza elettrica [kW] | 181 | 271 | 363 |
| Potenza termica [kW] | 302 | 400 | 498 |
| Utilizzo combustibile [kW] | 549 | 756 | 960 |
| Rendimento elettrico [%] | 33.0 | 35.8 | 37.8 |
| Rendimento termico [%] | 55.0 | 53.4 | 51.9 |
| Rendimento generale [%] | 88.0 | 89.2 | 89.7 |

Tabella 5.4: caratteristiche tecniche motore Viessmann Vitoblock da 363 kWt.

| Vitobloc 200 EM-238/363 | Regime al 50% | Regime al 75% | Regime al 100% |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Potenza elettrica [kW] | 119 | 179 | 238 |
| Potenza termica [kW] | 220 | 298 | 363 |
| Utilizzo combustibile [kW] | 396 | 536 | 667 |
| Rendimento elettrico [%] | 30.1 | 33.4 | 35.7 |
| Rendimento termico [%] | 55.6 | 55.6 | 55.4 |
| Rendimento generale [%] | 85.6 | 89.0 | 90.1 |

Successivamente è stato contattato il funzionario commerciale per ottenere i prezzi di listino aggiornati all'anno corrente:

Tabella 5.5: listino motori cogenerativi marca Viessmann.

| MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA | | | | |
|-------------------------------------|------------|----------|----------|-----------|
| Marca | Modello | Pel [kW] | Pth [kW] | Costo [€] |
| Viessmann | EM 363/498 | 363 | 498 | 368000 |
| Viessmann | EM 238/363 | 238 | 363 | 275000 |

Per completezza si riporta anche l'offerta ricevuta per il contratto di manutenzione dell'impianto. Generalmente, si offre un pacchetto che consenta di stimare un costo complessivo in €/ora sia per la manutenzione ordinaria che straordinaria dell'impianto. Il costo riportato è netto e fino ad un massimo di 49000 ore di funzionamento. Per il modello Vitobloc 200 EM 238/363 è pari a 3,80 €/h mentre per il modello Vitobloc 200 EM 363/498 è pari a 7,10 €/h. Nel contratto di manutenzione è prevista la manutenzione ordinaria programmata ogni 2000 ore di funzionamento, la manutenzione straordinaria programmata ogni 10000 ore di funzionamento, la manutenzione

straordinaria in caso di guasti fino a 49000 ore. A 50000 ore è programmata la grande revisione di tutto l'impianto, la quale non è compresa nel canone di manutenzione.

Per le caldaie integrative invece, sono stati utilizzati tutti modelli a basamento, a condensazione, e prodotti dalle principali aziende leader nel settore, tra cui Viessmann, Buderus che fa parte del gruppo Bosch, e Riello. Le caldaie utilizzate sono di taglie differenti e i valori di riferimento per la potenza termica, riportati nelle tabelle, sono relativi alla temperatura di mandata e di ritorno dell'acqua pari a 50/30 °C e 80/60 °C.

Tutte le configurazioni riportano caldaie di taglie effettivamente presenti nel mercato e quindi possono essere prese in considerazione nelle successive fasi di avanzamento del progetto.

Consultando i listini, resi disponibili dalle aziende precedentemente citate, si ricavano le seguenti fasce di prezzo in funzione dell'intervallo di taglia della caldaia:

Tabella 5.6: fasce di prezzo della varie caldaie impiegate nelle valutazioni.

| FASCIA POTENZA [kW] | COSTO [€] |
|---------------------|-------------|
| 1000-1400 | 52153-61102 |
| 800-1000 | 49797-52153 |
| 600-800 | 38159-49797 |
| 400-600 | 23844-38159 |
| 115-400 | 10537-23844 |

In tutti i casi esaminati, il grafico della curva cumulata è suddiviso in aree rispettivamente di colore rosso per la parte di curva soddisfatta dalla potenza prodotta dal motore e di colore giallo per le parti di curva soddisfatte dalla potenza prodotta dalle caldaie. L'area rosso chiaro invece, rappresenta il campo in cui può essere sovraccaricato il motore durante il funzionamento a pieno regime. La casa produttrice assicura una tolleranza di sovraccarico del 7%, risulta quindi che il motore da 498 kWt è in grado di generare al massimo 535 kWt mentre il motore da 363 kWt è in grado di generare al massimo 390 kWt. Di conseguenza, a prescindere dalla taglia del motore utilizzato, aumenta l'area di colore rosso, coperta dal funzionamento del motore cogenerativo.

a) Curva di carico cumulata con $F_c=1$ e motore da 498 kWt.

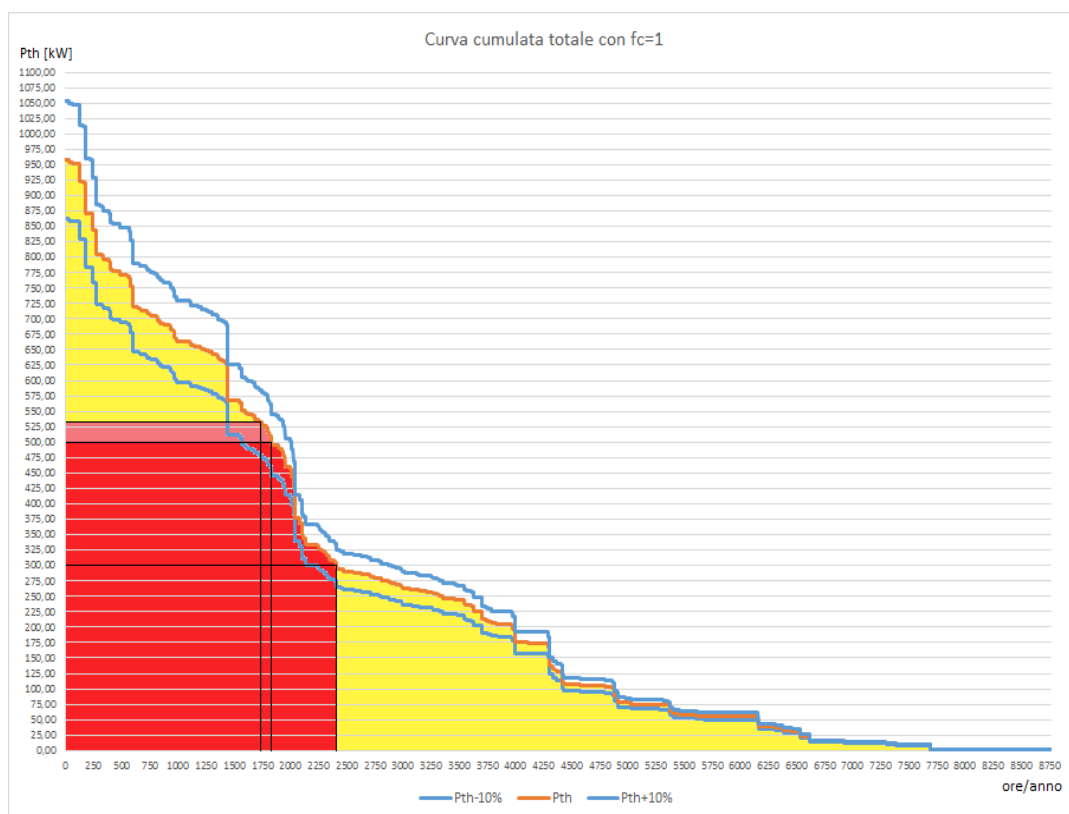


Figura 5.6: curva di carico cumulata con $F_c=1$ e motore da 498 kWt.

Il caso "a" utilizza la curva cumulata con fattore di contemporaneità unitario, prevede l'installazione di un motore cogenerativo di potenza termica pari a 498 kWt e l'impiego di una o più caldaie integrative per soddisfare la restante parte di curva. Le caldaie integrative sono scelte con una taglia tale che, sia nel caso di una o di più macchine, forniscano complessivamente una potenza termica superiore del 15% circa della richiesta massima stimata. Con questo criterio, l'impianto è in grado di soddisfare una richiesta termica massima pari a 1150-1200 kWt. Questo sovradimensionamento è necessario per poter far fronte ad aumenti della richiesta dovuti a condizioni climatiche sfavorevoli o ad eventuali ulteriori allacciamenti, garantendo in ogni situazione la continuità di servizio. Sono state ipotizzate le seguenti configurazioni:

Tabella 5.7: possibili configurazioni tra il motore cogenerativo e le caldaie integrative.

| CONFIGURAZIONI MOTORE COGENERATIVO E CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|------------|---------|----------|---------------------|---------------|------------|------------|---|--------|------------------|-----------|
| Soluzione | MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA | | | | CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | COSTO TOTALE [€] | |
| | n° | Marca | Modello | Pth [kW] | Costo [€] | Marca | Modello | Pth [kW] | | Numero | | Ptht [kW] |
| | | | | | | | 50/30 [°C] | 80/60 [°C] | | | | |
| 1 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | LP SB745 | 1200 | 1100 | 1 | 1100 | 61331 | 429331 |
| 2 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 1400 | 1280 | 1 | 1280 | 61102 | 429102 |
| 3 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | LP SB625 | 640 | 585,4 | 2 | 1170,8 | 65552 | 433552 |
| 4 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 635 | 575 | 2 | 1150 | 82486 | 450486 |
| 5 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | LP SB625 | 640 | 585,4 | 1 | 1151 | 32776 | 442124 |
| | | | | | Buderus | LP SB625 | 310 | 282,8 | 2 | | 41348 | |
| 6 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 635 | 585,4 | 1 | 1155,4 | 41243 | 460429 |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 2 | | 51186 | |
| 7 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | LP SB745 | 800 | 735 | 1 | 1202,9 | 46613 | 444410 |
| | | | | | Buderus | LP SB625 | 510 | 467,9 | 1 | | 29797 | |
| 8 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 978 | 895 | 1 | 1180 | 46197 | 439790 |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 1 | | 25593 | |

b) Curva di carico cumulata con Fc=1 e motore da 363 kWt.

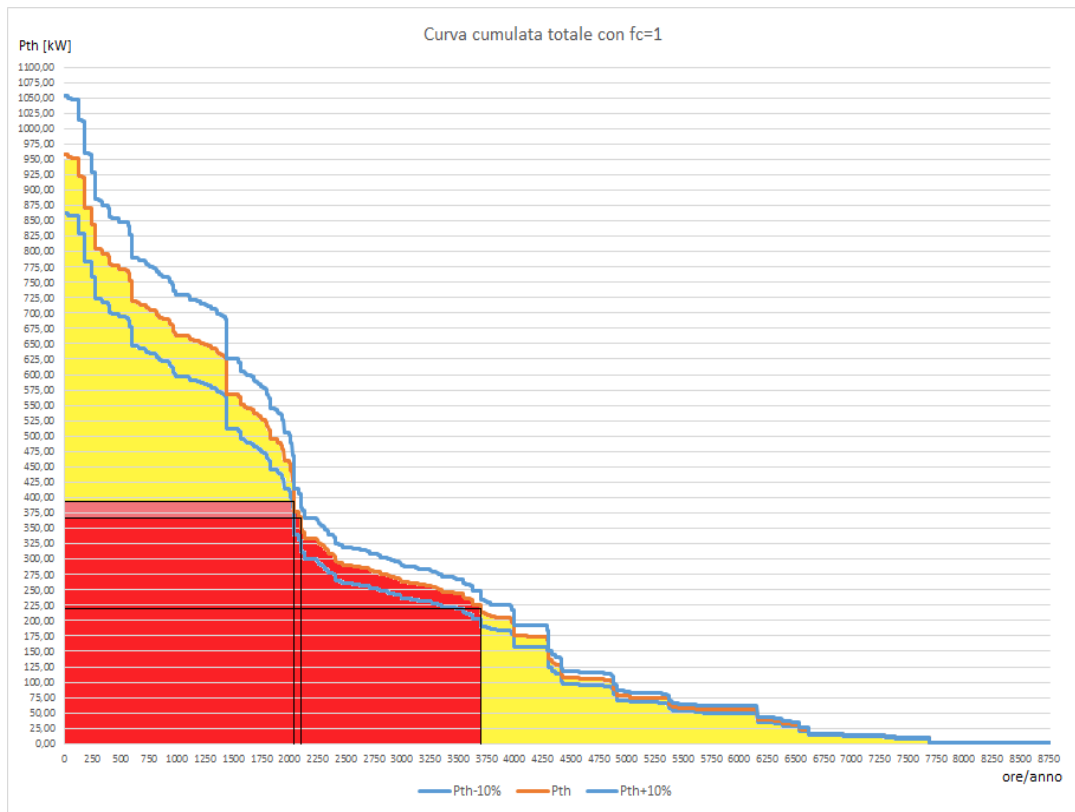


Figura 5.7: curva di carico cumulata con Fc=1 e motore da 363 kWt.

Il caso “b” utilizza sempre la curva cumulata con fattore di contemporaneità unitario ma prevede l’installazione di un motore cogenerativo di potenza termica pari 363 kWt e l’impiego di una o più caldaie integrative per soddisfare la restante parte di curva. Le caldaie integrative sono scelte con una taglia tale che, sia nel caso di una o di più macchine, forniscano complessivamente una potenza termica superiore del 15% circa della richiesta massima stimata. Con questo criterio, l’impianto è in grado di soddisfare una richiesta termica massima pari a 1150-1200 kWt. Questo sovradimensionamento è necessario per

poter far fronte ad aumenti della richiesta dovuti a condizioni climatiche sfavorevoli o ad eventuali ulteriori allacciamenti, garantendo in ogni situazione la continuità di servizio.

Sono state ipotizzate le seguenti configurazioni:

Tabella 5.8: possibili configurazioni tra il motore cogenerativo e le caldaie integrative.

| CONFIGURAZIONI MOTORE COGENERATIVO E CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|------------|---------|----------|---------------------|---------------|---------|------------|------------|--------|-----------|------------------|-----------|
| Soluzione | MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA | | | | CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | | COSTO TOTALE [€] | |
| | n° | Marca | Modello | Pth [kW] | Costo [€] | Marca | Modello | Pth [kW] | | Numero | Ptht [kW] | | Costo [€] |
| | | | | | | | | 50/30 [°C] | 80/60 [°C] | | | | |
| 1 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | LP SB745 | 1200 | 1100 | 1 | 1100 | 61331 | 336331 | |
| 2 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 1400 | 1280 | 1 | 1280 | 61102 | 336102 | |
| 3 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | LP SB625 | 640 | 585,4 | 2 | 1170,8 | 65552 | 340552 | |
| 4 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 635 | 575 | 2 | 1150 | 82486 | 357486 | |
| 5 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | LP SB625 | 640 | 585,4 | 1 | 1151 | 32776 | 349124 | |
| | | | | | Buderus | LP SB625 | 310 | 282,8 | 2 | | 41348 | | |
| 6 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 635 | 585,4 | 1 | 1155,4 | 41243 | 367429 | |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 2 | | 51186 | | |
| 7 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | LP SB745 | 800 | 735 | 1 | 1202,9 | 46613 | 351410 | |
| | | | | | Buderus | LP SB625 | 510 | 467,9 | 1 | | 29797 | | |
| 8 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 978 | 895 | 1 | 1180 | 46197 | 346790 | |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 1 | | 25593 | | |

c) Curva di carico cumulata con $F_c=0,8$ e motore da 498 kWt.

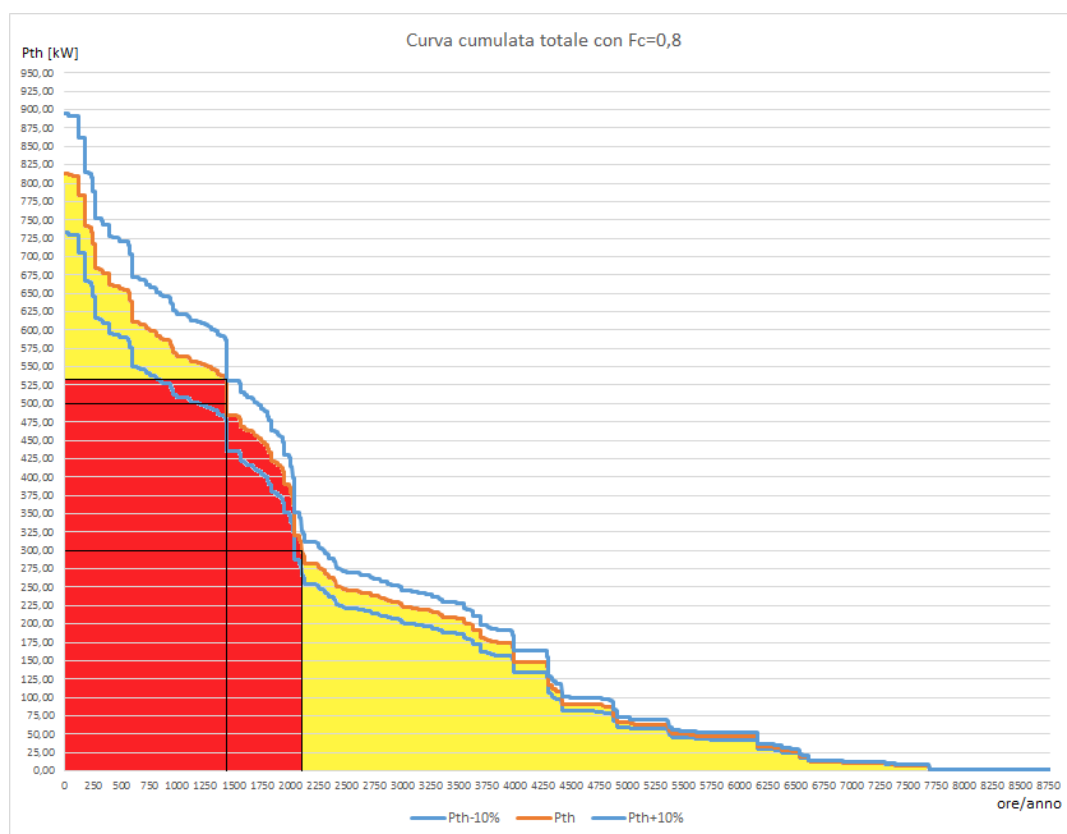


Figura 5.8: curva di carico cumulata con $F_c=0,8$ e motore da 498 kWt.

Il caso "c" utilizza la curva cumulata con fattore di contemporaneità 0,8, prevede l'installazione di un motore cogenerativo di potenza termica pari a 498 kWt e l'impiego di una o più caldaie integrative per soddisfare la restante parte di curva. Le caldaie

integrative sono scelte con una taglia tale che, sia nel caso di una o di più macchine, forniscano complessivamente una potenza termica superiore del 15% circa. Con questo criterio, l'impianto è in grado di soddisfare una richiesta termica massima pari a 1000-1050 kWt. Questo sovradimensionamento è necessario per poter far fronte ad aumenti della richiesta dovuti a condizioni climatiche sfavorevoli o ad eventuali ulteriori allacciamenti, garantendo in ogni situazione la continuità di servizio. Sono state ipotizzate le seguenti configurazioni:

Tabella 5.9: possibili configurazioni tra il motore cogenerativo e le caldaie integrative.

| CONFIGURAZIONI MOTORE COGENERATIVO E CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|------------|---------|----------|---------------------|---------------|------------|------------|---|--------|-----------|------------------|
| Soluzione | MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA | | | | CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | | COSTO TOTALE [€] |
| | n° | Marca | Modello | Pth [kW] | Costo [€] | Marca | Modello | Pth [kW] | | Numero | Ptht [kW] | |
| | | | | | | | 50/30 [°C] | 80/60 [°C] | | | | |
| 1 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | L.P SB745 | 1200 | 1100 | 1 | 1100 | 61331 | 429331 |
| 2 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 1100 | 1006 | 1 | 1006 | 50887 | 418887 |
| 3 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | L.P GB402 | 545 | 507 | 2 | 1014 | 70884 | 438884 |
| 4 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 635 | 575 | 1 | 1045 | 41243 | 445124 |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 508 | 470 | 1 | | 35881 | |
| 5 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | L.P SB625 | 510 | 467,9 | 1 | 997,7 | 29797 | 452145 |
| | | | | | Riello | CondexaPro | 290,4 | 264,9 | 2 | | 54348 | |
| 6 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 508 | 460 | 1 | 1030 | 35811 | 454997 |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 2 | | 51186 | |
| 7 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Buderus | L.P GB402 | 470 | 435,8 | 1 | 1001,4 | 32501 | 441849 |
| | | | | | Buderus | L.P SB625 | 310 | 282,8 | 2 | | 41348 | |
| 8 | Viessmann | EM 363/498 | 498 | 368000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 787 | 720 | 1 | 1005 | 40575 | 434168 |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 1 | | 25593 | |

d) Curva di carico cumulata con $F_c=0,8$ e motore da 363 kWt.

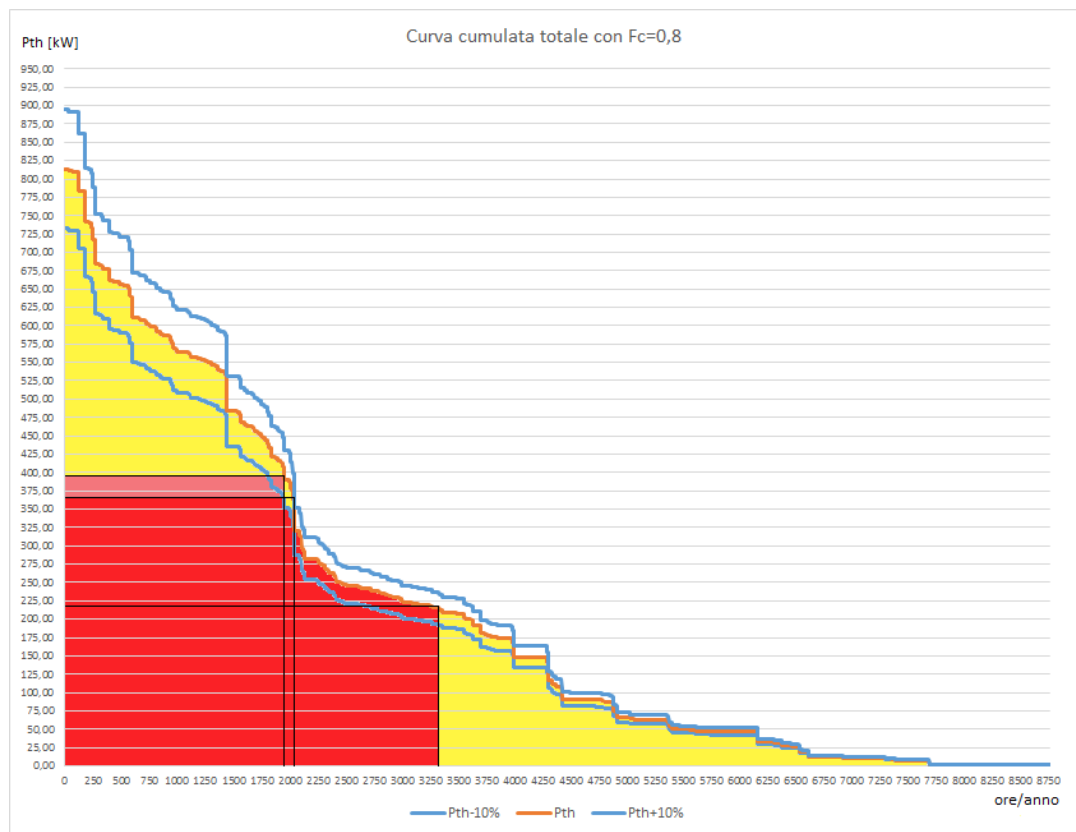


Figura 5.9: curva di carico cumulata con $F_c=0,8$ e motore da 363 kWt.

Il caso “d” utilizza sempre la curva cumulata con fattore di contemporaneità unitario, ma prevede l’installazione di un motore cogenerativo di potenza termica pari 363 kWt e l’impiego di una o più caldaie integrative per soddisfare la restante parte di curva. Le caldaie integrative sono scelte con una taglia tale che, sia nel caso di una o di più macchine, forniscano complessivamente una potenza termica superiore del 15% circa della richiesta massima stimata. Con questo criterio, l’impianto è in grado di soddisfare una richiesta termica massima pari a 1000-1050 kWt. Questo sovradimensionamento è necessario per poter far fronte ad aumenti della richiesta dovuti a condizioni climatiche sfavorevoli o ad eventuali ulteriori allacciamenti, garantendo in ogni situazione la continuità di servizio. Sono state ipotizzate le seguenti configurazioni:

Tabella 5.10: possibili configurazioni tra il motore cogenerativo e le caldaie integrative.

| CONFIGURAZIONI MOTORE COGENERATIVO E CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|------------|---------|----------|---------------------|---------------|---------|------------|------------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| Soluzione | MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA | | | | CALDAIE INTEGRATIVE | | | | | | | COSTO TOTALE[€] | |
| | n° | Marca | Modello | Pth [kW] | Costo [€] | Marca | Modello | Pth [kW] | | Numero | Ptht [kW] | | Costo [€] |
| | | | | | | | | 50/30 [°C] | 80/60 [°C] | | | | |
| 1 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | LP SB745 | 1200 | 1100 | 1 | 1100 | 61331 | 336331 | |
| 2 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 1100 | 1006 | 1 | 1006 | 50887 | 325887 | |
| 3 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | L.P GB402 | 545 | 507 | 2 | 1014 | 70884 | 345884 | |
| 4 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 635 | 575 | 1 | 1045 | 41243 | 352124 | |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 508 | 470 | 1 | | 35881 | | |
| 5 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | LP SB625 | 510 | 467,9 | 1 | 997,7 | 29797 | 359145 | |
| | | | | | Riello | CondexaPro | 290,4 | 264,9 | 2 | | 54348 | | |
| 6 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 508 | 460 | 1 | 1030 | 35811 | 361997 | |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 2 | | 51186 | | |
| 7 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Buderus | LP SB625 | 510 | 467,9 | 1 | 1033,5 | 29797 | 346145 | |
| | | | | | Buderus | LP SB625 | 310 | 282,8 | 2 | | 41348 | | |
| 8 | Viessmann | EM 238/363 | 363 | 275000 | Viessmann | V.C. 300-CR3B | 787 | 720 | 1 | 1005 | 40575 | 341168 | |
| | | | | | Viessmann | V.C. 300-CT3B | 314 | 285 | 1 | | 25593 | | |

Nelle tabelle sono state evidenziate, con colori differenti, le soluzioni che sono risultate migliori dal punto di vista economico, del funzionamento e quelle che risultano sia economiche che performanti. Sono evidenziate in rosso le configurazioni convenienti dal punto di vista economico, questo vantaggio però non è corrisposto in termini di rendimento. L’utilizzo di un’unica caldaia di grossa taglia permette di affrontare un investimento monetario iniziale minore, rispetto ad una soluzione a più caldaie, ma presenta un costo di funzionamento maggiore, dovuto al fatto che anche per una caldaia di ultima generazione, con rendimenti maggiori rispetto a quelli delle caldaie tradizionali, lavorare a basso carico, come nella seconda fascia gialla, comporta condizioni operative lontane da quelle di progetto, risultando di conseguenza, sovradimensionata in rapporto alle esigenze richieste in quel periodo. In blu sono evidenziate le soluzioni più convenienti dal punto di vista del funzionamento, infatti tali soluzioni prevedono l’utilizzo di due caldaie della stessa taglia. Con questa modalità è possibile utilizzare entrambe le caldaie per coprire i picchi massimi di potenza e utilizzarle in modo alternato nei periodi di basso carico, garantendo un’usura uniforme e un aumento della vita e degli intervalli di manutenzione. Inoltre

l'impianto risulta essere sempre in funzione, in caso di interventi di manutenzione ordinaria, possono essere eseguiti su una caldaia alla volta, senza pregiudicare la continuità di servizio che è garantita dall'altra caldaia o dal funzionamento congiunto del motore e della caldaia non in manutenzione. Complessivamente, con questa modalità si riducono i costi operativi e gestionali rispetto alla prima soluzione proposta. Infine, in verde, sono evidenziate le soluzioni che presentano entrambi i vantaggi sopra elencati. La combinazione di una caldaia di taglia elevata con una di taglia inferiore permette di realizzare un funzionamento complessivo dell'impianto più regolare durante la stagione, garantendo un costo operativo inferiore rispetto al caso con la singola caldaia e investendo complessivamente un capitale poco superiore rispetto alla soluzione più economica. Inoltre come si vedrà in seguito, questa soluzione permette di integrare l'impianto utilizzando le caldaie attualmente installate.

Le soluzioni sopra proposte sono riferite alla realizzazione di un impianto completamente nuovo, in seguito sono esposte invece, le valutazioni relative agli impianti esistenti e tutt'ora funzionanti, con l'obiettivo di verificare la possibilità di recuperare alcune caldaie evitando l'acquisto di quelle nuove. In questo caso si valuta la possibilità di recuperare le caldaie di taglia maggiore e meno datate al fine di poterle integrare con i nuovi componenti dell'impianto. Dai dati ricavati ed esaminati si riscontrano le seguenti situazioni:

- negli edifici residenziali sono presenti in totale 188 caldaie di potenza nominale compresa tra 24 kW e 30 kW e risalgono ad un periodo di installazione compreso tra il 1985 e il 1998, si deduce siano quelle originali. Si riscontra l'impossibilità di recupero delle caldaie attualmente in funzione e se ne ipotizzano la dismissione e lo smantellamento.
- Negli edifici della Casa Colori sono presenti due caldaie, una di potenza nominale pari a 320 kW e la seconda di potenza nominale pari a 115 kW, entrambe sono a condensazione e sono state installate nell'anno 2006. Nonostante le caldaie non siano recentissime è possibile ipotizzare di sfruttare, per un primo periodo, la caldaia di potenza pari a 320 kW, evitando l'acquisto di una delle caldaie da 300 kW proposte nelle soluzioni evidenziate in verde, le quali si prestano bene per effettuare queste analisi. In questo caso si ottiene un risparmio compreso tra i 20000 e i 30000€ a seconda della casa produttrice. La caldaia può essere utilizzata per un periodo iniziale di qualche anno e successivamente sostituita. Questa soluzione, in primo luogo, è accettabile se si pensa che il funzionamento della caldaia di taglia inferiore può essere dedicato esclusivamente nei periodi di basso carico o al massimo per coprire l'intera richiesta termica quando il motore è fuori servizio, e quindi non sarà più sottoposta a cicli di lavoro continuativi a pieno regime come invece si verifica ora nel funzionamento stagionale. In alternativa, la caldaia può essere dismessa,

smantellata e sostituita con una caldaia nuova sfruttando in questo caso, il locale adibito a centrale termica, già a norma di legge ed eventualmente nota la grandezza del locale, inserire all'interno anche l'altra caldaia integrativa. Con questa soluzione le caldaie integrative si localizzerebbero all'interno della centrale termica di proprietà della Casa Colori, risultando separate dal motore, situato in un'altra posizione. Realizzando una rete di distribuzione ad anello o magliata è possibile sfruttare entrambe le soluzioni proposte e dislocare i componenti dell'impianto in zone diverse. Le idee tecniche ed economiche proposte acquisiscono una valenza sociale che aumenta la qualità del progetto. Si crea una compartecipazione diretta tra il comune di Padova e gli utenti stessi, i quali possono diventare anche produttori di energia termica o collaboratori del progetto, nel caso in cui mettano a disposizione, come proposto, i propri componenti o i propri locali.

- Negli edifici parrocchiali sono presenti quattro caldaie, una per ogni edificio. La caldaia della chiesa ha potenza pari a 415 kW, è stata installata nel periodo tra il 1995 e il 2000 ed è di tipo ad aria, tipologia spesso utilizzata per questi ambienti, dove è necessario riscaldare edifici di volumetrie elevate in tempi relativamente brevi. Questa soluzione rappresenta una tipologia di caldaia non particolarmente efficiente con rendimenti relativamente bassi. Non risulta possibile recuperare tale caldaia per inserirla nell'impianto e non risulta possibile utilizzare il locale adibito a centrale termica in quanto non è sufficientemente grande per poter installare un'ulteriore caldaia ed è situato in una posizione difficilmente raggiungibile. Le altre caldaie installate sono per il patronato, la canonica e gli spogliatoi, rispettivamente di potenza pari a 46 kW, 35 kW e 24 kW. Le prime due caldaie sono recenti, installate nel 2014 mentre più datata è la caldaia degli spogliatoi, non è presente un certificato che attesti l'anno di installazione, ma è stato riferito sia stata installata nell'anno 2000 circa. In questo caso, essendo di taglie relativamente contenute e notevolmente inferiori rispetto a quelle utilizzate nell'impianto è possibile utilizzare la caldaia della canonica da 35 kW per sostituire quella più datata degli spogliatoi e l'altra da 46 kW può essere utilizzata in caso di emergenze o per coprire eventuali picchi di carico non programmati. In alternativa, essendo relativamente nuova può essere rivenduta ottenendo ritorno economico che copra parte dell'investimento sostenuto in precedenza.

5.4 Localizzazione della centrale

Scegliere la località nella quale ubicare l'impianto cogenerativo risulta un compito talvolta complesso e che influenza sensibilmente le varie tipologie di tecnologie adottabili. Nella maggior

parte dei casi, salvo in alcune situazioni specifiche che richiedono particolari valutazioni, si cerca di individuare una zona che risulti vicino all'utenza per limitare le perdite di distribuzione ma allo stesso tempo che si trovi ad una certa distanza in modo da allontanare le emissioni. Inoltre, la zona scelta per l'installazione dell'impianto, deve risultare possibilmente in un punto baricentrico tra tutte le utenze dislocate in punti differenti, per evitare di sfavorire quelle più lontane e per ridurre le perdite di distribuzione in tutta la rete.

Le potenziali aree individuate sono tutte situate in prossimità delle utenze, in una posizione baricentrica e non sono soggette a particolari requisiti da rispettare. Inoltre, sono state scelte con un criterio che non pregiudichi la possibilità di implementare l'impianto, nel caso sia richiesta l'installazione di altre macchine, dovuta ad un incremento delle utenze e ad una relativa espansione della rete. Di seguito è riportata la mappa con le tre località scelte:



Figura 5.10: aree disponibili e individuate per localizzare la centrale.

I rettangoli colorati di azzurro delimitano gli edifici che saranno collegati all'impianto tramite la rete di teleriscaldamento, mentre in rosso sono delimitate le tre possibili località in cui installare l'impianto. Tutte le aree sono situate in via Sandelli ed effettuando una visura catastale si riscontra che:

- l'area 1 è identificabile nel foglio mappale 0182, particella 00572. L'area risulta di proprietà del comune di Padova;
- l'area 2 è identificabile nel foglio mappale 0182, particella 0125. L'area risulta di proprietà degli Orfanotrofi riuniti di Padova;
- l'area 3 è identificabile nel foglio mappale 0182, particella 00762. L'area risulta di proprietà della Società Cooperativa sociale Città So.La.Re.

Tutte le aree proposte non sono soggette a particolari vincoli. In base al Piano di Zonizzazione Acustica del comune di Padova, redatto ed approvato per la prima volta il 15 Dicembre del 1998 con delibera n°179 del Consiglio Comunale e revisionato nel 2013, tutta la zona oggetto del lavoro di tesi rientra nella Classe 3- Aree di tipo misto, in cui rientrano le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici. La classificazione acustica del comune di Padova è stata delineata seguendo la legge regionale n°21 del 10 Maggio del 1991, “norme in materia di inquinamento acustico”. I limiti da rispettare sono:

Tabella 5.11: valori limiti acustici per la zona oggetto dell'intervento.

| Valori limite | Periodo diurno (06:00-22:00) | Periodo notturno (22:00-06:00) |
|------------------------------------|---|---|
| Valore limite di emissione | 55 dB(A) | 45 dB(A) |
| Valore limite di immissione | 60 dB(A) | 50 dB(A) |

Dove:

- valore limite di emissione: si definisce il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.
- Valore limite di immissione: si definisce il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricevitori.

Per ovviare a qualsiasi rumore che possa in qualunque modo danneggiare i residenti della zona, l'impianto cogenerativo viene inserito all'interno di un container insonorizzato. La rumorosità, per la maggior parte causata dal motore cogenerativo, viene attutita tramite l'installazione di setti fonoassorbenti sull'ingresso e sull'uscita dell'aria nel container e dall'isolamento termoacustico delle pareti del container con materiale fonoassorbente. In base alla zonizzazione acustica del luogo di installazione è possibile installare diversi strati di isolante ottenendo il grado di insonorizzazione voluto. Per la zona considerata, con le moderne tecnologie si riesce a rientrare nei limiti previsti dalla classe 3. Inoltre per aumentare il contenimento delle emissioni acustiche è possibile pensare a diverse altre possibili soluzioni come per esempio, interrare parzialmente o totalmente il container. Secondo quanto riportato nei cataloghi Viessmann, attraverso l'applicazione di più strati di materiale fonoassorbente si ottengono valori di emissioni minori di 35-40 dB(A), valori a norma con quanto richiesto per la zona esaminata.

Tutte e tre le località individuate sono sufficientemente grandi per ospitare, in futuro, ulteriori integrazioni, la scelta ricade quindi, sulla possibilità di creare una collaborazione tra i cittadini proprietari della aree e il comune di Padova, promotore del progetto. La zona 1 è di proprietà del comune di Padova e quindi, non richiede di procedere per mezzo di espropri o di concessioni per ottenere l'utilizzo dell'area, le altre due località invece, sono di proprietà di privati. In particolare, la zona 3 è di proprietà della cooperativa Città So.La.Re che risulta essere una delle utenze che si allacceranno all'impianto, mentre la zona 2 è di proprietà di un'utenza che potrebbe essere considerata tra le potenziali utenze allacciabili in futuro. Per aumentare il valore sociale della scelta si può optare a realizzare una cooperazione tra il comune di Padova e i proprietari stessi delle zone al fine di evitare esborsi di denaro per espropriare i terreni e trovare un accordo economico che possa soddisfare entrambe le parti e creare sinergia tra utente e fornitore.

Le zone attualmente sono inutilizzate e ricoperte da terra, erba e piccoli arbusti non soggetti a regolare manutenzione. In particolare la zona 3 risulta la più spaziosa, ma anche la più degradata, sono presenti numerosi arbusti che evidenziano diversi stadi di pericolosità causati sia da una scarsa manutenzione che da eventi atmosferici, le reti di recinzione sono rotte e ricoperte da piante rampicanti. Inoltre, nel marciapiede che collega la zona 3 con la zona 1 sono disposti i cassonetti per la raccolta differenziata, ad utilizzo esclusivo dei civici 1,2,3 di via Sandelli, che oltre a limitare la zona di passaggio, sono periodicamente soggetti a rilasci incontrollati di oggetti ingombranti e indifferenziati, come elettrodomestici guasti, pneumatici, materassi e mobilio. Un'ipotesi, facilmente realizzabile, può essere quella di utilizzare la zona 3 cercando di dedicare una parte del terreno alla realizzazione di una piccola isola ecologica per i residenti della via e utilizzare la restante parte per installare l'impianto cogenerativo. Si instaurerebbe un accordo economico e sociale con la cooperativa, la quale ha maturato esperienza nel settore dell'ecologia ambientale, collaborando da diversi anni con l'azienda municipalizzata di raccolta rifiuti del comune di Padova. Questa soluzione riqualificherebbe una zona non curata, rendendola più gradevole esteticamente, più igienica, senza togliere la possibilità di creare un collegamento con la zona di proprietà del comune, realizzando un parco giochi o un parco pubblico per favorire la coesione sociale.

5.5 Potenziali utenze allacciabili

La zona di lavoro presenta un elevato contenuto sociale, analizzando le utenze si riscontrano realtà differenti, dal pubblico al privato, con la presenza di diverse utenze commerciali e a scopo benefico e sociale. Oltre alla Casa Colori, che si occupa di persone con situazioni disagiate e le aiuta integrandole nella società attraverso lavori socialmente utili, e alla parrocchia, luogo ideale per favorire gli incontri tra i residenti, sono presenti due scuole, una elementare e un asilo, un

campus universitario privato e una serie di piccole attività artigianali e commerciali, dal tappezziere al negozio di elettrodomestici e al bar di quartiere. Sono presenti inoltre, un supermercato e uno studio veterinario. E' possibile identificare tutte queste utenze con la finalità di rendere già note le potenziali integrazioni da eseguire per espandere la rete di teleriscaldamento. Si riporta la mappa con tutte le utenze allacciabili:



Figura 5.11: mappa delle potenziali utenze allacciabili in seguito all'intervento.

Le aree colorate in azzurro e in rosso, come spiegato nel paragrafo precedente, rappresentano le utenze per le quali è già previsto l'allacciamento all'impianto e l'area in cui è localizzato l'impianto, mentre tutte le aree evidenziate in giallo rappresentano le utenze, pubbliche e private che potrebbero allacciarsi all'impianto. Si nota che realizzando i collegamenti ipotizzati, tutta l'area compresa tra via Bembo, via Venier, via del Commissario di metratura pari a 155000mq, ovvero 15 ettari, risulterebbe completamente teleriscaldata.

5.6 Tipologie di reti di distribuzione

Il teleriscaldamento è definito dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas come un sistema di riscaldamento a distanza, di un quartiere o di una città, che utilizza il calore prodotto da una centrale termica, da un impianto di cogenerazione o da una sorgente geotermica. In un sistema di teleriscaldamento il calore è trasferito agli edifici utilizzando una rete di tubazioni interrata in cui fluisce acqua calda o vapore. Analizzando il termine "teleriscaldamento" si intuisce che la particolarità di questo sistema è rappresentata dalla distanza presente tra il luogo di produzione

e il luogo di utilizzazione del calore. Complessivamente una rete di teleriscaldamento è costituita da una centrale dove viene prodotto il calore, una rete di distribuzione per il trasporto del calore e da un insieme di sotto-centrali. Quest'ultime sono situate all'interno degli edifici e sono dei semplici scambiatori di calore che realizzano lo scambio termico tra l'acqua della rete e l'acqua dell'utenza, sia per il riscaldamento degli ambienti che per la produzione di acqua calda sanitaria, senza che i due fluidi si miscelino tra loro.

Le reti di teleriscaldamento sono molto diffuse nel mondo e recentemente hanno avuto modo di sviluppare e aumentare la propria distribuzione anche in Italia. Esistono diverse configurazioni e in seguito si riportano le tre principali più utilizzate:

1. Rete ramificata: rappresenta la configurazione più semplice ed economica. E' costituita da una dorsale principale e da diramazioni secondarie che si collegano alle utenze. Utilizzata soprattutto quando sono presenti poche e grandi utenze, come ospedali, alberghi. Il problema che ne limita l'utilizzo nei circuiti di elevate estensione è che in caso di guasto della dorsale in un punto, tutte le utenze a valle non ricevono più l'alimentazione.

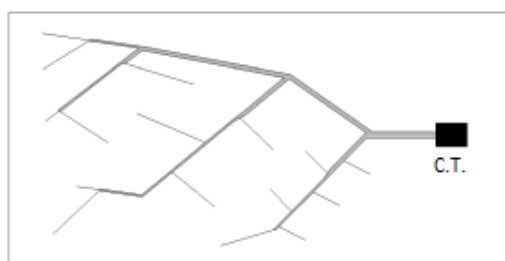


Figura 5.12: rete ramificata.

2. Rete ad anello: questa configurazione permette di superare il problema evidenziato per la rete ramificata. In questa situazione, in caso di rottura, è possibile alimentare le utenze invertendo il verso del flusso del fluido termovettore garantendo in tal modo la continuità di servizio. L'unico svantaggio che può verificarsi è rappresentato dal fatto che avendo una rete di distribuzione più lunga, gli utenti più distanti potrebbero ricevere il fluido termovettore con temperature più basse rispetto a quello che arriva alle prime utenze.



Figura 5.13: rete ad anello.

3. Rete magliata: questa è la configurazione più costosa, ma allo stesso tempo più affidabile. E' la più utilizzata nella realizzazioni di reti di distribuzioni di grandi dimensioni. In questa situazione, in caso di guasto è possibile alimentare le utenze in ogni nodo della rete. Solitamente nella realizzazione di questa configurazione si fornisce priorità di allacciamento alle utenze terziarie quali ospedali e alberghi e in secondo luogo alle utenze residenziali. Questa tipologia deriva dalla rete ramificata alla quale si aggiunge interconnessioni creando una fitta rete di maglie che garantisca continuità di servizio e affidabilità

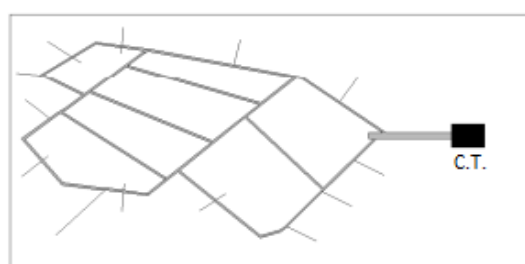


Figura 5.14: rete magliata.

Negli schemi riportati, per semplificazione, è rappresentata una sola linea, nella realtà si hanno due condotte per ogni tratto, una di mandata e una di ritorno adeguatamente isolate, tra loro e verso l'ambiente, per evitare perdite di calore. Le tubazioni sono di diametro variabile in funzione della portata, attualmente le tecnologie forniscono tubazioni già pre-isolate e pronte da interrare per assicurare un ulteriore isolamento. Con la rete magliata e la rete ad anello è possibile avere più centrali di produzione del calore dislocate in punti differenti.

La rete di teleriscaldamento da realizzare per allacciare le utenze non risulta particolarmente estesa, per l'affidabilità e la possibilità di dislocare, in punti differenti, le varie macchine dell'impianto, è conveniente individuare come uniche soluzioni adottabili la rete ad anello o magliata.

5.7 Conversione dal riscaldamento autonomo e centralizzato al teleriscaldamento

Gli edifici per cui è già previsto l'allacciamento all'impianto cogenerativo sono caratterizzati da sistemi di climatizzazione invernale degli ambienti differenti tra loro. Le utenze terziarie, come la Casa Colori e il patronato, presentano un sistema di riscaldamento di tipo centralizzato a differenza delle utenze residenziali, come gli edifici situati in via Sandelli, in via Pinelli e la canonica, che presentano un sistema di riscaldamento di tipo autonomo. Quest'ultima tipologia, rispetto alla prima, rende più difficoltosa la trasformazione in un impianto di tipo centralizzato di teleriscaldamento.

Dal punto di vista tecnico, la conversione di un impianto tradizionale in un impianto alimentato da una rete di teleriscaldamento, consiste prevalentemente nella sostituzione della caldaia con uno o più scambiatori di calore e nell'installazione di opportuni organi di pompaggio, di regolazione e di misura.

L'impianto di distribuzione interno agli edifici e di erogazione tramite i terminali di impianto non subisce variazioni e viene direttamente collegato al nuovo sistema di produzione del calore installato. Nello schema è raffigurata la configurazione tipica di collegamento tra l'impianto di teleriscaldamento e l'utenza. Sono disposti due scambiatori di calore, uno per riscaldare l'acqua da inviare a tutti i terminali di impianto per il riscaldamento degli ambienti, e uno per la produzione di acqua calda sanitaria, inoltre sono installati organi di pompaggio, di regolazione e di misura per controllare la temperatura e la portata del fluido termovettore e contabilizzare il calore effettivamente utilizzato.

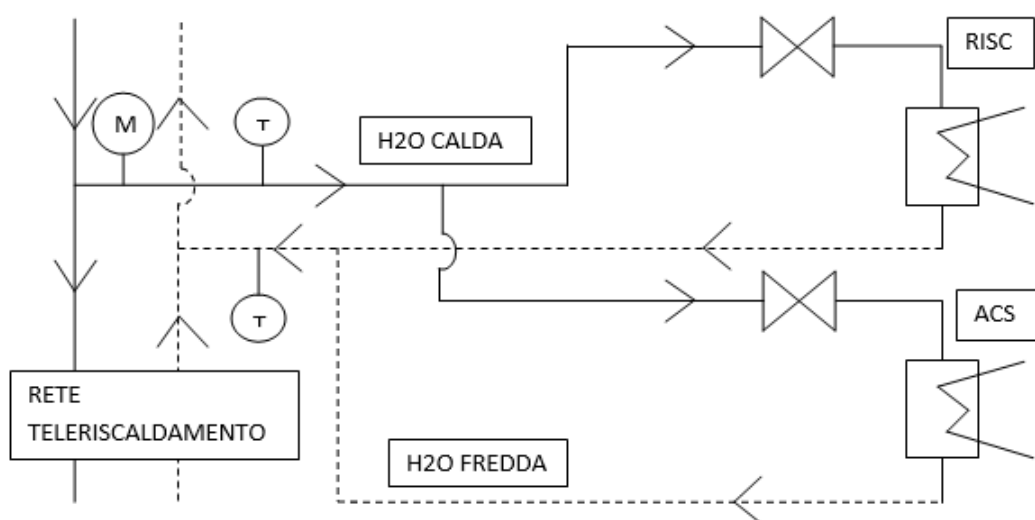


Figura 5.15: schema allacciamento delle utenze con il teleriscaldamento.

M e T rappresentano i due dispositivi di misurazione della portata e della temperatura. La regolazione della portata viene eseguita attraverso una serie di valvole tarate sul valore di temperatura richiesto.

Congiuntamente alla sostituzione del blocco caldaia, l'installazione di un sistema di teleriscaldamento prevede la posa di una fitta rete di distribuzione per connettere ogni singola utenza all'impianto. In base alla tipologia di rete utilizzata, se magliata o ad anello, dalla centrale termica si estende la linea dorsale, costituita dalla tubazione di mandata e di ritorno, dalla quale si derivano le diverse diramazioni per allacciare ogni edificio. Il problema che si incontra è localizzato nell'allacciamento con l'utenza, perché nel caso di impianto centralizzato è sufficiente diramare le due tubazioni per edificio e connetterle blocco di scambiatori di calore installato, mentre nel caso di riscaldamento autonomo è necessario derivare un numero di tubazioni proporzionale al numero di appartamenti, tenendo sempre presente che per ogni allacciamento

è necessario un tubo per la mandata e per il ritorno. In quest'ultima situazione si può operare seguendo due criteri differenti, il primo consiste nel creare un'unica sotto-centrale per edificio, situata in prossimità o in un locale adibito, installare il blocco di scambiatori di calore dimensionato per soddisfare la richiesta termica complessiva, e diramare ogni coppia di tubazioni per allacciare tutti gli alloggi, in alternativa si derivano due tubazioni secondarie dalla dorsale e in prossimità dell'edificio si crea un punto di diramazione che divida le tubazioni secondarie in tante coppie di tubi quanti sono gli appartamenti per collegare i diversi blocchi di scambiatori di calore installati all'interno degli appartamenti stessi.

La fase di allacciamento richiede quindi di eseguire diversi studi su come posare le tubazioni per evitare percorsi troppo lunghi e contorti, che aumenterebbero le perdite di distribuzione, e danni estetici, i quali diminuirebbero il valore dell'immobile oltre che a rendere l'intervento poco gradito a livello sociale.

Il problema si concentra sulle abitazioni situate in via Sandelli e via Pinelli le quali utenze hanno tutte caldaie autonome, di tipologia murale, installate all'interno degli alloggi in prossimità o proprio sulle pareti confinanti con l'ambiente esterno. La posizione della caldaia agevola il collegamento con la rete di distribuzione, minimizza il disagio verso gli utenti che si può verificare in fase di lavoro e in base al grado dell'intervento che si vuole eseguire si possono attuare diverse soluzioni:

1. La prima soluzione è la più economica e veloce. I cinque edifici di via Sandelli presentano, per ogni colonna di appartamenti, delle canne fumarie esterne in alluminio, realizzate dopo la costruzione degli edifici a causa di problemi di tiraggio delle canne fumarie originali. E' possibile sfruttare queste canne fumarie per inserire le diverse tubazioni all'interno e allacciare ogni alloggio. Nel caso non siano sufficientemente grandi da ospitare la collocazione di tutti i tubi e dell'isolamento, è possibile eseguire un'operazione di sostituzione con delle canne fumarie di grandezza maggiore e collocare all'interno i tubi. Questa soluzione mantiene inalterata l'estetica per questi edifici. Per gli altri edifici, situati in via Pinelli, sono presenti delle canne fumarie in muratura, è possibile anche in questo caso eseguire lo stesso ragionamento e utilizzare le canne fumarie per far scorrere all'interno le tubazioni e allacciare ogni alloggio. Internamente all'abitazione, nel caso la caldaia fosse posizionata a distanza dalla canna fumaria è possibile realizzare una copertura in cartongesso a forma di trave, possibilmente in prossimità degli angoli superiori delle pareti, per coprire le tubazioni rendendo minimo l'impatto visivo. Tutte le tubazioni sono opportunamente coibentate per limitare le perdite di calore per dispersione.

2. La seconda soluzione proposta è economica, di facile realizzo e sulla stessa impronta della prima soluzione presentata. Si prevede lo smantellamento delle canne fumarie esterne di alluminio installate negli edifici di via Sandelli, mentre si mantengono inalterate quelle murali presenti negli edifici di via Pinelli. Le tubazioni per ogni colonna di appartamenti possono essere disposte in modo che raggruppate abbiano una forma circolare e possano essere, dopo adeguata coibentazione, ricoperte da una finta grondaia in rame, o disposte parallelamente tra loro e ricoperte da una finta canna fumaria in muratura.

Adottando questa soluzione, che prevede diversi interventi di muratura e di ripristino, è consigliabile effettuare a fine lavori una pittura dell'intero edificio utilizzando vernici termoisolanti per ridurre le dispersioni termiche attraverso le pareti in misura del 5% circa.

3. La terza ed ultima soluzione proposta è più costosa ed elaborata, ma risulta la migliore e la più completa dal punto di vista estetico ed energetico. Infatti si prevede la posa a parete di tutte le tubazioni di collegamento per ogni alloggio senza curare l'aspetto estetico e tenendo in considerazione solamente i percorsi di allacciamento più vantaggiosi. La copertura viene realizzata attraverso la coibentazione delle pareti, che avviene con la posa di materiale termoisolante, e con il rifacimento e la pittura dell'intonaco esterno. E' consigliabile sfruttare questo intervento per eseguire, nel caso ci sia la necessità, interventi di manutenzione straordinaria come la possibile realizzazione di una nuova rete di collegamento tra tutti i terminali d'impianto, o la sostituzione delle tubature deteriorate.

Questa proposta di intervento risulta la più completa e riqualifica gli edifici rendendoli energeticamente efficienti ed esteticamente gradevoli. La spesa è più sostenuta ma può essere finanziata attraverso i fondi europei o collaborando con una ESCO¹⁸.

In tutte le soluzioni proposte il disagio recato agli inquilini degli appartamenti e ai residenti della zona è minimo. I lavori, tranne per le fasi di allacciamento, sono effettuati all'esterno degli edifici e i disagi recati ai residenti della zona per la posa e l'interramento della rete di distribuzione sono limitati grazie all'estensione della rete che avviene per la maggior parte del suo percorso su terreni non percorribili in auto, a piedi e sufficientemente distanti dalle abitazioni.

¹⁸ ESCO: Energy service company, sono società di servizi energetici che effettuano interventi finalizzati a migliorare l'efficienza energetica assumendosi il rischio e liberando il cliente da ogni onere organizzativo e di investimento.

CAPITOLO 6 – Considerazioni sociali

L'efficienza energetica contribuisce attivamente a raggiungere obiettivi in ambito economico ed ambientale e rappresenta lo strumento più vantaggioso e veloce per abbattere i consumi e le emissioni di gas inquinanti. Le tensioni verso un aumento dell'efficienza energetica inoltre, non devono essere intese solamente come una responsabilità ambientale ed economica, ma anche sociale. Appare evidente l'importanza di analizzare gli aspetti sociali legati al progetto di riqualificazione energetica, valutando come tale intervento possa influire positivamente sulle diverse realtà presenti nel quartiere. Il quartiere Crocefisso, e principalmente la zona interessata, sono contraddistinti da realtà diverse, sia per tipologia, in parte residenziale e in parte terziaria, che per la diversa natura economica, culturale e sociale dei residenti. Il progetto di sensibilizzazione dei cittadini verso comportamenti promotori dell'incremento della sostenibilità energetica risulta una sfida importante, che deve essere svolta utilizzando strumenti diversi, ma tutti di facile utilizzo, comprensione ed efficacia. La sostenibilità energetica è un'occasione per migliorare i comportamenti sia all'atto della produzione che nel consumo di energia.



Tutti i progetti in ambito energetico, come il presente intervento, dovrebbero essere intrapresi promuovendo trasparenza e partecipazione, aspetti indispensabili per ottenere riscontri positivi e collaborativi, che vadano oltre la capacità di spiegare e coinvolgere i cittadini sulle varie tematiche ambientali, e che permettano inoltre di inserire un piano di cooperazione con esperti, università e scuole.

6.1 I vantaggi del teleriscaldamento

Il teleriscaldamento rappresenta un'opportunità di sviluppo sostenibile che permette di valorizzare e riqualificare un insieme di edifici, un quartiere o una città. Introdurre sul territorio comunale una rete di teleriscaldamento vuol dire offrire alla comunità un'opportunità e non un obbligo, di utilizzare un servizio energetico efficiente, economico, ad alta compatibilità ambientale per il riscaldamento urbano, e favorire la razionalizzazione di un settore distinto dalla bassa efficienza nell'utilizzo dell'energia, come quello edilizio. È importante evidenziare i vantaggi che possono trarre tutti gli utenti che decidono di allacciarsi ad una rete di teleriscaldamento. Oltre ai

benefici in ambito ambientale ed energetico dovuti alla realizzazione di grandi impianti di produzione, spesso di cogenerazione, maggiormente controllati e con elevati rendimenti, il servizio di teleriscaldamento offre solidità, sicurezza, affidabilità ed economicità. In particolare, grazie al decentramento delle fonti di produzione del calore e quindi all'utilizzo di acqua calda o di vapore come fluido termovettore, non è più necessario installare presso l'abitazione autonoma o condominiale, la centrale termica e tutte le infrastrutture connesse al suo funzionamento; Inoltre, dislocando la centrale di produzione del calore all'esterno e a distanza dalle abitazioni, si eliminano tutti i rischi legati al malfunzionamento dell'impianto, spesso dovuti ad una scarsa manutenzione delle caldaie e all'inadempimento delle normative in ambito di sicurezza ed efficienza energetica. Infine, l'utilizzo del teleriscaldamento permette di conseguire un risparmio economico dovuto sia alla mancanza di servizi accessori come la manutenzione ordinaria e straordinaria, che diventano a carico dell'azienda o dell'ente che offre il servizio energetico, sia perché l'utente paga il calore realmente consumato, ad una tariffa normalmente inferiore rispetto a quella del calore prodotto tramite combustione di combustibili fossili.

Il teleriscaldamento garantisce quindi a tutti gli utenti allacciati alla rete, i seguenti benefici:

- **Economicità:** è conveniente rispetto agli impianti a gasolio o GPL perché il costo del teleriscaldamento, alimentato da impianti a gas naturale, è vincolato dal prezzo del gas naturale definito secondo i parametri stabiliti dall'AEEG, Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas. Sono presenti agevolazioni fiscali sull'aliquota IVA, che per uso privato è pari al 10%¹⁹. Inoltre non risulta più necessario stipulare contratti per la manutenzione ordinaria della centrale termica.
- **Praticità:** diminuiscono i problemi e i costi di gestione e di manutenzione straordinaria della centrale termica rispetto agli impianti tradizionali, grazie alla presenza di uno o più semplici scambiatori di calore e organi di regolazione e contabilizzazione. Inoltre si abbattano i costi di controllo periodico ed obbligatorio della caldaia con inclusa pulizia e verifica dei condotti dei fumi.
- **Affidabilità:** la continuità di alimentazione della rete è costantemente garantita dalla presenza di caldaie ausiliarie, adeguatamente dimensionate, in grado di soddisfare l'intera richiesta termica della zona. L'impianto è mantenuto sotto regolare controllo e costante monitoraggio, ed è garantito l'intervento da parte di operatori specializzati 24 ore al giorno per tutti i giorni dell'anno.
- **Semplicità:** l'impianto interno alle abitazioni risulta semplice e facile da installare. Non è

¹⁹ L'agevolazione è valida per i consumatori finali che utilizzano l'energia termica per uso domestico ovvero nella propria abitazione.

più necessario disporre di un locale da adibire a centrale termica con rispettivi adeguamenti a norma di legge.

- Sicurezza: si eliminano tutti i rischi di esplosione e intossicazione dei fumi, si introduce quindi un sistema intrinsecamente eccellente ed efficiente nell'ambito della sicurezza.
- Autonomia: ogni utente è libero di impostare i parametri di gestione del riscaldamento nella propria abitazione in base ai propri requisiti di comfort.
- Risparmio: si contabilizza solamente l'energia effettivamente consumata, valore nettamente inferiore e vantaggioso rispetto ai sistemi tradizionali dove si contabilizza l'energia primaria consumata.
- Qualità ambientale: è possibile adottare le migliori tecnologie presenti sul mercato per abbattere gli inquinanti. Il vantaggio si rispecchia nella presenza di una sola fonte di emissione localizzata e dunque facilmente controllabile, sottoposta periodicamente ad interventi migliorativi con gli sviluppi della tecnologia in ambito di abbattimento degli inquinanti. Inoltre, grazie all'aumento dell'efficienza si verifica una diminuzione della quantità di combustibili fossili impiegati.

Il teleriscaldamento racchiude innumerevoli vantaggi, per indirizzare gli utenti ad aderire al sistema è necessario richiamare la loro attenzione sfruttando i benefici e i punti di forza, come l'autonomia, la praticità, l'economicità, la compatibilità ambientale e la sicurezza che il sistema permette di raggiungere.

Il riscontro sociale aumenta notevolmente se si pensa all'incremento, nel breve e nel lungo periodo, dell'occupazione a livello locale. La realizzazione e la gestione di una rete di questa tipologia richiede la creazione di un'azienda o la necessità di maggior personale per la gestione del servizio, la collaborazione con studi tecnici ed esperti del settore e il coinvolgimento delle imprese locali per realizzare l'impianto e la rete in termini di componenti e materiali, scavi e posa tubazioni, ripristino del manto stradale e dei terreni. Nel caso specifico del quartiere Crocefisso, il valore sociale aumenta maggiormente grazie alla possibilità di collaborare a stretto contatto con gli utenti, i quali in cambio di canoni d'affitto o misure compensative sulla tariffazione, potrebbero mettere a disposizione i terreni su cui installare l'impianto, i locali già adibiti a centrali termiche e i componenti dell'impianto, come le caldaie. Complessivamente questi fattori, permettono di accrescere l'interesse a livello sociale del progetto, il quale ricopre un ruolo strategico per la riqualificazione urbana e per il piano d'azione per l'energia sostenibile del comune di Padova.

6.2 Descrizione sociale delle utenze

L'area di lavoro è caratterizzata dalla presenza di realtà sociali di natura differente; a livello economico, culturale e per differenza di età e nazionalità. Per questo progetto sono state scelte volontariamente utenze con tali particolarità, con l'obiettivo di riqualificare energeticamente e socialmente un'area con alto contenuto sociale ma degradata, attraverso una collaborazione diretta e continuativa nel tempo tra gli utenti e i promotori del progetto.

- Le case di edilizia pubblica residenziale: non è stato possibile accedere ai dati relativi alle varie assegnazioni degli alloggi per motivi legati alla privacy, ma dai sopralluoghi effettuati e dalle domande poste agli inquilini, è stata riscontrata la presenza di un'alta percentuale di persone anziane, in pensione e quindi con età superiore ai 65 anni e di persone di nazionalità straniera. E' presente comunque una piccola percentuale di alloggi assegnata a persone giovani o con numero di componenti del nucleo familiare elevato. La presenza di inquilini appartenenti a generazioni differenti e con numero di componenti variabile, provoca abitudini e comportamenti diversi in grado di influenzare la gestione del sistema di riscaldamento.
- La Casa Colori è nata inizialmente come uno tra i primi progetti di social housing in Veneto, ostello e casa di accoglienza dedicata a giovani studenti, coppie o famiglie e come struttura per ospitare convegni e riunioni aziendali disponendo anche di servizio mensa e ristorante. Nel 2013 è diventata di proprietà e sede della cooperativa Città So.La.Re, che ha cambiato il progetto iniziale indirizzando l'attenzione verso l'accoglienza e l'integrazione di persone con gravi situazioni sociali, aiutandole nell'inserimento nella società attraverso lavori socialmente utili come la raccolta rifiuti, la raccolta di abbigliamento usato e l'assemblaggio di tipo meccanico per terzi. Si potrebbe aumentare il valore sociale di questa iniziativa, instaurando una serie di collaborazioni con la cooperativa che favoriscano l'integrazione di queste persone, cercando di eliminare qualsiasi pregiudizio o discriminazione.
- La parrocchia offre e mette a disposizione della comunità diversi servizi: tutti i giorni sono disponibili attività di tipo ricreativo indirizzate a tutte le fasce d'età. Si fa riferimento al catechismo, gruppi scout, gruppi teatrali, gruppi musicali, attività motorie per persone della terza età, corsi di hobbistica ed eventi come sagre e feste del quartiere. Il patronato rappresenta il luogo ideale per favorire l'organizzazione di qualsiasi tipologia di attività e di incontro, grazie alla possibilità di utilizzare sia stanze di ampia metratura e quindi in grado di accogliere e ospitare un numero elevato di persone, che di sala ristorante/bar. Inoltre è sede della polisportiva di calcio, denominata U.S. Crocefisso, che regolarmente

svolge allenamenti e partite nel campo parrocchiale disponendo di dieci squadre partecipanti ai campionati giovanili e amatoriali.

L'analisi delle utenze a livello sociale, seppur breve, descrive le caratteristiche principali utili per elaborare un percorso ideale finalizzato, oltre al miglioramento dei comportamenti in ambito energetico, anche a creare un'integrazione sociale tra i residenti attraverso attività che possano essere sportive, culturali o di animazione.

6.3 Sensibilizzare i cittadini: perché è importante

Per conseguire ottimi vantaggi in termini di efficienza energetica non è sufficiente sostituire o acquisire nuove tecnologie più performanti, ma è essenziale anche l'approccio verso di esse, delle persone stesse che utilizzano i sistemi. Un uso efficiente dell'energia in una casa, in un ufficio o in qualsiasi altro edificio dipende dai comportamenti degli utenti, in grado di influire pesantemente sui consumi, alterando i benefici introdotti dall'impiego di impianti più efficienti. Inoltre, è importante evitare che l'idea di avere un impianto più performante, e quindi con costi di gestione e di funzionamento minori, induca agli utenti un maggiore senso di irresponsabilità e di propensione allo spreco. Risulta fondamentale, introdurre campagne di sensibilizzazione indirizzate a rendere gli utenti più moderati nei consumi, e più consapevoli verso l'uso razionale dell'energia, e mirate verso l'identificazione di tutte le fonti di spreco e di errati utilizzi dei sistemi energetici.

Senza dubbio, un processo di sensibilizzazione deve essere attuato gradualmente e richiede un primo periodo di progettazione, sufficientemente lungo da trovare la soluzione migliore per la sua divulgazione ed efficacia. Per una diffusione veloce, è possibile ricorrere a diversi strumenti in base alle fasce d'età degli utenti che si vogliono raggiungere (in questo caso tutte): mezzi moderni come la rete, i social network, mezzi classici come i media, incontri informativi ed educativi, volantinaggio di opuscoli e manuali. Tutti questi strumenti, in forma differente, riescono a veicolare le informazioni in modo rapido e preciso richiamando l'attenzione dei cittadini. In supporto a queste attività informative sono nati dei provvedimenti legislativi, in particolare l'articolo 12 della direttiva europea sull'efficienza energetica, Direttiva 2012/27/UE, dove si prevede per tutti gli stati membri di adottare una serie di misure atte a promuovere l'uso efficiente dell'energia presso i consumatori, facendo perno sull'informazione e sulla divulgazioni di sistemi intelligenti di gestione dell'energia.

Esiste però un problema che non deve essere sottovalutato; occorre strutturare una campagna di sensibilizzazione che non corra il rischio di essere percepita dai cittadini come una potenziale campagna di marketing, mirata alla pubblicizzazione e alla vendita di prodotti o come strumento

di interessi privati, ma deve essere invece un mezzo per aiutare gli utenti ad aumentare la consapevolezza del problema.

Il tema riguardante le modifiche comportamentali risulta articolato e complesso, oltre al fatto che non deve essere affrontato in modo superficiale e quantitativo. Allo stesso modo, risulta difficile tradurre gli obiettivi da raggiungere, in termini di risparmio energetico, di informazioni e di azioni che gli utenti devono compiere per raggiungere gli obiettivi stessi. E' possibile agire sia sulla collettività che sui singoli individui.

Infine i vari progetti di sensibilizzazione potranno essere sostenuti in modo progressivo, secondo un programma realizzato per favorire l'apprendimento e la sua comprensione integrando un numero sempre maggiore di azioni e di informazioni. In tal modo si possono istruire i cittadini con un criterio graduale e di facile apprendimento.

6.4 Come sensibilizzare gli utenti e i cittadini in generale

Di seguito sono illustrate diverse iniziative, pensate per stimolare i residenti e in particolare gli utenti della rete di teleriscaldamento, a cambiare i propri comportamenti per conseguire utilizzi migliori e senza sprechi di energia, garantendo in ogni circostanza una qualità elevata del comfort degli ambienti interni. In particolare sono state individuate diverse azioni da compiere prima e dopo l'intervento e nelle scuole. Quest'ultima ha lo scopo di formare i piccoli consumatori fin da subito a seguire comportamenti responsabili e sostenibili, attraverso un vasto programma di attività educative da svolgere nelle scuole o in collaborazione con la società che gestirà l'impianto, e che, nella maggior parte dei casi, si occuperà in prima persona della parte informativa e di sensibilizzazione. I servizi proposti sono strutturati per essere rivolti non solo ai residenti del quartiere e agli utenti interessati direttamente dall'intervento di riqualificazione energetica, ma saranno liberi e rivolti a tutti, in modo da lavorare con un numero più ampio di utenti e creare un sistema sempre in funzione e periodicamente aggiornato. Inoltre, si pone l'obiettivo di diminuire la diffidenza che gli utenti hanno verso l'utilizzo di nuove tecnologie, per la produzione di energia elettrica e termica e per la gestione dell'impianto, e da un certo punto di vista rassicurarli.

Infine queste azioni potranno essere ampliate e integrate con tutti i temi ambientali: risorse idriche, raccolta rifiuti, produzione di energia, tutti collegati tra loro da un unico scopo: aumentare l'efficienza e ridurre gli sprechi.

Si riportano dunque tutti i servizi e le azioni ipotizzate:

- Servizio informazioni: consiste principalmente nell'organizzare una serie di incontri informativi presso le sedi dei vari quartieri di Padova, per fornire un primo approccio verso il mondo dell'efficienza e della riqualificazione energetica. Questi incontri hanno

l'obiettivo di porre in primo piano tutti i comportamenti necessari per ridurre le fonti di inefficienza energetica, ponendo le basi per la realizzazione di un programma educativo mirato al risparmio e all'efficienza energetica. Si consiglia la collaborazione diretta tra gli esperti del settore ambiente di Padova e dell'Università degli studi di Padova. E' consigliabile inoltre, inserire dei moduli specifici per i residenti del quartiere Crocifisso che saranno i primi utenti dell'impianto di teleriscaldamento. Questo servizio certifica la sua utilità nelle fasi pre-intervento, in modo che gli utenti all'atto dell'installazione del nuovo impianto siano in grado di gestirlo autonomamente e correttamente, conseguendo fin da subito ottimi risultati. Non si esclude la possibilità di mantenere questo servizio attraverso l'apertura di uno sportello informativo²⁰ dedicato, che in determinati orari di apertura possa raccogliere e fornire informazioni.

- Servizio telefonico: consiste nell'abilitare un numero di telefono per tutti gli utenti della rete di teleriscaldamento. Questo servizio può essere allacciato e gestito congiuntamente al servizio precedentemente riportato e può essere condotto dall'azienda di gestione dell'impianto. In questo modo si garantisce assistenza anche a residenti che per vari motivi non possono recarsi nelle sedi sopra riportate.
- Servizio assistenza: consiste nel garantire un primo servizio di assistenza tecnica da parte di operatori specializzati prima dell'intervento sul posto. Questo servizio potrebbe aiutare a risolvere semplici problemi di natura non tecnica di funzionamento. Servizio generalmente necessario nella fase post-intervento.

Per i servizi sopra riportati generalmente si fa carico l'azienda erogatrice del servizio energetico, in collaborazione con tecnici del settore ambiente e territorio del comune di Padova. In seguito si riportano dei servizi che possono essere sviluppati in collaborazione con le scuole e con l'Università di Padova:

- Servizio mobile: consiste nel creare un'applicazione per smartphone che sia in grado di supportare gli utenti nella gestione ottimale del sistema edificio-impianto. In particolare l'idea è quella di poter controllare istantaneamente i consumi della propria abitazione e ottenere suggerimenti su come poter gestire nel modo più efficiente i sistemi di riscaldamento, di illuminazione e gli elettrodomestici. Per questo progetto è consigliabile la collaborazione con le scuole di Padova a indirizzi elettronici o di telecomunicazione, al fine di rendere partecipi gli alunni in prima persona; coinvolgendo, se necessario, anche l'Università di Padova.
- Servizio online: ha le stesse funzioni del servizio mobile ma, in questo caso, è possibile

²⁰ Presso l'ufficio Informambiente era presente lo "Sportello Energia". Si consiglia una sua riattivazione.

gestire l'impianto attraverso il proprio account nel sito Internet dedicato. Come per il servizio mobile, anche la realizzazione del sito Internet può essere realizzata in collaborazione con le scuole del territorio a indirizzi elettronici e di telecomunicazioni.

- Attività educative: l'ufficio Informambiente collabora da molti anni con le scuole, per attivare progetti educativi e divertenti che riescano a catturare l'attenzione degli studenti, e istruirli sui comportamenti sostenibili da attuare. Anche rendere l'impianto meta di attività didattiche e di visite guidate potrebbe aiutare nella dimostrazione dei vantaggi in ambito di efficienza energetica.
- Totem informativo: consiste nella possibilità di installare presso l'impianto un monitor informativo che metta in risalto la produzione di energia termica ed elettrica e la riduzione delle emissioni di anidride carbonica. Questo servizio mira a catturare l'attenzione degli utenti, evidenziando in ogni istante i benefici ottenuti e aggiornati in tempo reale.

6.5 Obiettivi raggiunti: riduzione delle emissioni e caldaie evitate

Ogni intervento finalizzato a migliorare l'efficienza energetica di un edificio, di un impianto o di entrambi richiede che siano eseguite analisi tecniche, economiche e ambientali, per stimare e certificare i progressi e le ottimizzazioni conseguite dall'introduzione delle nuove tecnologie. In particolare tutti progetti di efficienza energetica, per aumentare la loro credibilità e accettabilità, individuano come soluzione migliore la comunicazione dei benefici e dei risultati conseguiti. Questi non devono essere intesi solamente in chiave economica, ma anche in chiave ambientale e in termini di miglioramento della qualità della vita. Complessivamente una comunicazione efficace di questi fattori permette di sensibilizzare i cittadini, aumentando la loro propensione a un uso più corretto dei sistemi e al conseguimento sempre maggiore di tali vantaggi. La stesura di un bilancio ambientale con dati e risultati di facile interpretazione, si considera uno strumento ottimale per catturare l'interesse e la partecipazione dei cittadini, fornendo un valore aggiunto al progetto. Le analisi sopra citate possono essere eseguite in tutte le fasi progettuali e, a seconda del momento in cui vengono elaborate, permettono di ottenere risultati più o meno precisi e completi. Solitamente vengono svolte verso le fasi finali di sviluppo del progetto, utilizzando dati ricavati tramite simulazioni o direttamente a progetto realizzato, monitorando e misurando tali valori. Non si esclude la possibilità di eseguire le valutazioni anche nelle fasi iniziali, utilizzando i dati elaborati negli studi preliminari. In questo caso i risultati hanno una valenza dimostrativa, e vengono utilizzati per sottolineare i benefici ottenibili sviluppando il progetto. La valutazione proposta è stata realizzata a livello orientativo, per evidenziare i benefici in termini di riduzione delle emissioni di anidride carbonica che, si verificherebbero con l'introduzione dell'impianto

cogenerativo e della rete di teleriscaldamento ad esso connessa. La stima è stata impostata utilizzando come riferimento il primo caso analizzato nel capitolo precedente, rappresentato dalla curva cumulata con fattore di contemporaneità unitario e dall'utilizzo di un motore cogenerativo in grado di sviluppare una potenza termica di 498 kW.

1. Stima emissioni situazione attuale.

La situazione attuale è rappresentata dal funzionamento di 192 caldaie in totale, di cui 190 di tipo autonomo e 2 di tipo centralizzato, il fabbisogno di energia primaria necessario per soddisfare la richiesta termica della zona è $E_{th,tot} = 2141290$ kWh/anno. Utilizzando i fattori di conversione del gas metano forniti da ENI, dove 1 mc di gas metano corrisponde a 10,5 kWh, si procede convertendo il valore del fabbisogno totale in metri cubi, ottenendo la quantità necessaria di gas metano per soddisfare la richiesta termica totale. Noto quest'ultimo valore, si stimano le emissioni di anidride carbonica prodotte attraverso la combustione di quella quantità di gas metano, con un impianto di riscaldamento tradizionale. Si utilizza il fattore di conversione fornito da Carbon Trust²¹ e pari a 2,1 kgCO₂/mc.

Tabella 6.1: stima emissioni di anidride carbonica.

| Fabbisogno energia | Fabbisogno di energia | Emissioni di CO2 |
|--------------------|-----------------------|------------------|
| [kWh] | [mc] | [tCO2] |
| 2141290 | 203932,38 | 428,26 |

2. Stima emissioni motore cogenerativo.

Per stimare i consumi e la produzione di energia del motore cogenerativo, si approssima, utilizzando la curva di carico cumulata, il suo funzionamento a tre regimi di carico: 100%, 75%, 50% del carico. Il periodo di funzionamento stimato è di 2400 ore/anno di cui si ipotizzano 1800 ore a pieno regime, 300 ore al 75% del carico e 300 ore al 50% del carico. Dal manuale tecnico del motore cogenerativo si ricavano i consumi di gas metano per i tre regimi di funzionamento. Utilizzando gli stessi fattori di conversione impiegati nel caso 1, si determinano i consumi e le emissioni del motore cogenerativo:

Tabella 6.2: stima emissioni motore cogenerativo.

| Motore cogenerativo | | | | | |
|---------------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|----------------------|
| Regime funzion. | Consumo [kW] | Ore funzion. [ore] | Consumo [kWh] | Consumo [mc] | Emissioni CO2 [tCO2] |
| 100% | 960 | 1800 | 1728000 | 164571,43 | 345,6 |
| 75% | 756 | 300 | 226800 | 21600,00 | 45,36 |
| 50% | 549 | 300 | 164700 | 15685,71 | 32,94 |
| TOTALE | 2265 | 2400 | 2119500 | 201857,14 | 423,9 |

²¹ Carbon trust, associazione che si occupa di aiutare le organizzazioni a ridurre il loro impatto in termini di emissioni di anidride carbonica, migliorando l'efficienza energetica e sviluppando nuove tecnologie a basso impatto.

Noti i consumi connessi al funzionamento del motore, si stimano le emissioni che sono state evitate grazie alla produzione congiunta di energia termica ed elettrica. Si stimano approssimativamente i kWh di energia elettrica prodotti e si determinano le corrispondenti emissioni evitate dalla produzione dello stesso quantitativo attraverso le centrali termoelettriche. Si utilizzano i dati forniti da ISPRA²² per valutare le emissioni derivate dalla produzione di energia elettrica da centrali termoelettriche. Il dato più recente risale al 2014 e fornisce un valore di 0,3729 KgCO₂/kWh_{el}

Tabella 6.3: stima emissioni evitate motore cogenerativo.

| Motore cogenerativo | | | | |
|----------------------------|---|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Regime funzion. | Produzione E.E. [kWh_{el}] | Ore funzion. [ore] | Produzione E.E. [kWh] | Emissioni CO2 [tCO2] |
| 100% | 363 | 1800 | 653400 | 243,65 |
| 75% | 271 | 300 | 81300 | 30,32 |
| 50% | 151 | 300 | 45300 | 16,89 |
| TOTALE | 785 | 2400 | 780000 | 290,86 |

3. Stima emissioni nuove caldaie.

Per la stima delle emissioni di anidride carbonica prodotte dal funzionamento delle nuove caldaie, si utilizzano gli stessi fattori di conversione impiegati nel punto 1. Inoltre si ipotizza che l'utilizzo di un impianto centralizzato di ultima generazione, rispetto all'utilizzo di tante caldaie singole e con età compresa tra i 15 e i 30 anni, comporti un risparmio energetico del 15%. Nel funzionamento in parallelo con il motore cogenerativo, la caldaie operano in due aree a cui corrispondono i seguenti consumi ed emissioni:

Tabella 6.4: stima emissioni caldaie integrative.

| Caldaie integrative | | | |
|----------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| Area | Consumo [kWh] | Consumo [mc] | Emissioni CO2 [tCO2] |
| | 1 | 624240 | 59451,43 |
| 2 | 486540 | 46337,14 | 97,308 |
| TOTALE | 1110780 | 105788,57 | 222,16 |

Infine si esegue il bilancio delle emissioni e si verifica il risparmio conseguito grazie all'introduzione del nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore.

- ➔ La situazione attuale è rappresentata dal funzionamento di 192 caldaie che globalmente immettono in atmosfera 428,26 tCO₂/anno.
- ➔ La nuova soluzione tecnica proposta, prevede l'utilizzo di un unico impianto centralizzato di tipo cogenerativo connesso ad una rete di teleriscaldamento. L'impianto emette in

²² ISPRA: è l'acronimo di Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, è un ente di ricerca italiano nato nel 2008 e controllato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

totale 646,06 tCO₂/anno, ma permette di risparmiare 290,86 tCO₂/anno dovute alla mancata produzione di energia elettrica, in misura uguale al quantitativo prodotto dal motore cogenerativo, da centrali termoelettriche tradizionali. Complessivamente si ottiene un valore di emissioni di anidride carbonica di 355,2 tCO₂/anno, a cui corrisponde una riduzione delle emissioni del 17%. Questo valore è puntuale e frutto di stime approssimative, e per rendere più attendibile il risparmio si ipotizza una riduzione delle emissioni compresa nella fascia tra il 15% e il 20%. Eseguendo lo stesso calcolo anche per il quarto caso proposto nel precedente capitolo, rappresentato dalla curva di carico cumulata con fattore di contemporaneità 0,8 e dal motore cogenerativo in grado di sviluppare 363 kWt, si verifica una riduzione delle emissioni del 16%. Questo conferma la fascia di valori sopra ipotizzata.

Inoltre è importante evidenziare che questo intervento eviterebbe il funzionamento di 192 caldaie distribuite non omogeneamente nel territorio, concentrando il funzionamento in un solo impianto, con un'unica fonte di emissione facilmente controllabile. Le emissioni aumentano a livello locale ma globalmente si verifica una riduzione di esse.

La sostituzione della centrale termica e della modalità di distribuzione del calore rappresenta soltanto uno dei tanti interventi e delle azioni che si possono attuare in chiave di riqualificazione energetica. Nel complesso di edifici analizzato, possono essere integrati molteplici interventi e comportamenti da parte degli utenti, in grado di amplificare i risultati già ottenuti in termini di risparmio energetico e ambientale. In seguito sono proposti i potenziali interventi da eseguire sugli edifici. Si precisa che le percentuali di risparmio in termini di riduzioni delle emissioni, tra la situazione di partenza e la situazione post-intervento, sono frutto di stime indicative realizzate su un campione di edifici di riferimento. Pertanto i valori cambiano a seconda dell'edificio su cui vengono applicati gli interventi.

1. Coibentazione delle pareti esterne e delle coperture: l'intervento consiste nell'applicazione di materiale termoisolante sulle pareti esterne e sulle coperture degli edifici. In questo modo si aumenta il grado di isolamento termico riducendo le dispersioni di calore verso l'ambiente esterno. L'intervento di coibentazione permette in inverno di trattenere il calore all'interno dell'edificio, mentre in estate evita che il caldo entri dall'ambiente esterno, mantenendo in entrambi i casi temperature di comfort gradevoli negli ambienti interni.

Con questo intervento si stima una riduzione delle emissioni di CO₂ del 20-25%.

2. Sostituzione degli infissi: l'intervento consiste nella sostituzione degli infissi, con

serramenti nuovi in vetro camera e con un nuovo telaio maggiormente isolato. L'intervento permette di ridurre le dispersioni di calore con l'esterno che si verificano attraverso il telaio e il vetro. Si stima una riduzione delle emissioni di CO₂ pari al 15-20%. Questo intervento solitamente viene eseguito insieme a quello di coibentazione delle superfici, per ampliare la riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂. In questo caso si ottiene complessivamente una riduzione delle emissioni stimata pari al 40% circa.

3. Installazione di impianti solari termici: l'intervento consiste nella produzione di energia termica da fonte rinnovabile, per soddisfare la richiesta di acqua calda sanitaria degli edifici. Si ottiene una riduzione delle emissioni di CO₂ stimata pari al 15%.
4. Installazione di impianti fotovoltaici: l'intervento consiste nell'installazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, per soddisfare la richiesta elettrica degli edifici. Si stima una riduzione delle emissioni di CO₂ in media di 0,5 kg per kWh prodotto.

Ci sono inoltre numerose azioni che, se praticate, comportano maggiori vantaggi energetici e ambientali. In seguito se ne riportano alcune:

1. Riduzione temperatura degli ambienti: ridurre la temperatura di casa di 1°C può evitare l'emissione di circa 300 kg di CO₂ per abitazione ogni anno.
Inoltre programmando il termostato di casa per abbassare la temperatura di notte, negli ambienti non utilizzati o quando non si è all'interno delle abitazioni permette di risparmiare fino a 440 kg di CO₂ ogni anno per abitazione.
2. Sprechi di energia elettrica: spegnendo 5 lampadine da 60W ciascuna, lasciate accese quando non servono, è possibile di risparmiare complessivamente 270 kg di CO₂ ogni anno per abitazione. Questa valutazione è stata eseguita ipotizzando che le lampadine siano spente per 4 ore al giorno, ogni giorno dell'anno.
3. Sostituzione lampadine: sostituendo 5 lampadine al tungsteno, utilizzate mediamente 5 ore al giorno, con lampadine a basso consumo, si evita l'emissione di circa 250 kg di CO₂ ogni anno per abitazione.
4. Utilizzo elettrodomestici: utilizzare elettrodomestici, come la lavatrice, a pieno carico si risparmia l'emissione di 45 kg di CO₂ ogni anno.

6.6 Valutazione impatto estetico

La valutazione dell'impatto visivo, che comporta l'insediamento di un nuovo impianto, non deve essere sottovalutata e risulta un aspetto chiave nella realizzazione di nuovi progetti o nella modifica di quelli esistenti. E' importante svolgere, anche in fase preliminare, una valutazione per

rilevare eventuali effetti che si potrebbero ripercuotere sul paesaggio, sull'ambiente e sulle persone, con la finalità di attenuarli e mitigarli. L'obiettivo, dopo un'analisi del territorio, è quello di localizzare la posizione migliore tra le aree disponibili, e attuare misure per moderare e temperare l'impatto visivo. Questo potrebbe conseguire una maggiore accettabilità sociale.

Come evidenziato nel precedente capitolo, l'installazione dell'impianto è prevista su un terreno esterno di proprietà della cooperativa Città So.La.Re, conosciuta anche come Casa Colori, e attualmente ricoperto da erba, sterpaglie e arbusti non soggetti a regolare manutenzione. L'area di intervento non è sottoposta a vincoli paesaggistici ma, in ogni caso, si cercherà di operare con l'obiettivo di minimizzare l'impatto visivo e migliorare l'aspetto estetico del contesto in generale, riqualificando un'area degradata.

L'intervento infine, non provoca particolari disagi e cambiamenti ai residenti della zona, i lavori per la maggior parte sono su aree con basso passaggio di mezzi e di persone, e non è richiesta la costruzione di edifici o di strutture, ma solamente la collocazione di appositi container adibiti ad ospitare il motore ed eventualmente, le caldaie integrative.

Per questo intervento si riscontrano più possibilità di ubicazione dei componenti dell'impianto. E' necessario precisare, che queste possibilità sono applicabili solamente alle caldaie integrative, in quanto per il motore cogenerativo si rileva l'impossibilità di installazione all'interno delle centrali termiche già presenti. Si riportano di seguito tutte le possibili installazioni, ricercando la combinazione migliore in grado di ridurre al minimo indispensabile il posizionamento di componenti all'esterno e quindi visibili. Tutte le possibilità proposte devono rispettare i requisiti di legge, i container sono isolati termicamente, acusticamente e rispettano i requisiti di resistenza al fuoco. Le misure rispecchiano le dimensioni commercialmente disponibili o facilmente adattabili.

1. Il motore cogenerativo è installato all'interno di un container di misure: 6x2,4x2,6 m rispettivamente di lunghezza, larghezza e altezza. Il container occupa una superficie di 14,4 mq e una volumetria di 37,44 mc.
2. Le caldaie integrative possono essere installate con tre possibilità diverse:
 - a. tutte le caldaie sono installate esternamente, in vicinanza al motore e all'interno di un container di copertura. E' possibile utilizzare un container identico a quello impiegato per il motore. Le dimensioni sono: 6x2,4x2,6 m rispettivamente di lunghezza, larghezza e altezza. Complessivamente occupa una superficie di 14,4 mq e una volumetria di 37,44 mc.
 - b. Nel caso in cui si utilizzi la caldaia della Casa Colori è possibile utilizzare un container più piccolo di misure: 4,4x2,4x2,6 m rispettivamente di lunghezza,

larghezza e altezza. Complessivamente occupa una superficie di 10,56 mq e una volumetria di 27.46 mc.

- c. Nell'ultimo caso si prevede l'installazione dell'intero gruppo di caldaie integrative all'interno della centrale termica ubicata presso la Casa Colori. In questo caso non è previsto l'utilizzo del container ed esternamente rimane solo quello dedicato al motore.



Figura 6.1: mappa dell'area complessiva e possibili localizzazioni dei componenti d'impianto.

L'area rossa rappresenta tutta la zona d'intervento, costituita dall'area 3 e dall'area 1, mentre le due aree gialle rappresentano le due possibili localizzazioni per le caldaie integrative e per il motore cogenerativo.

L'ultima proposta rappresenta la soluzione migliore, sia da un punto di vista estetico, in quanto tutto il gruppo caldaie viene localizzato internamente all'edificio, che da un punto di vista sociale in quanto aumenta la compartecipazione al progetto da parte dell'utenza Casa Colori. La centrale termica è sufficientemente grande da ospitare l'intero gruppo di caldaie integrative, a prescindere che si scelga la soluzione con una, due o tre caldaie, ed è sufficiente eseguire una verifica e l'adeguamento a norma di legge visto l'incremento della potenzialità complessiva delle caldaie. Esternamente dunque, rimane solamente il container con il motore cogenerativo, il quale richiede soltanto un basamento di cemento come base d'appoggio.

La superficie esterna occupata dal container del motore è di 14,4 mq, considerando l'intera area della zona 3 pari a 2400 mq si nota che il container occuperebbe solamente lo 0,6% della superficie totale. Inoltre, valutando la possibilità di unificare quest'area con l'area 1, di proprietà del comune di Padova e di 1800 mq, per la realizzazione di un parco pubblico e una zona organizzata come isola ecologica, si nota che l'impianto occuperebbe lo 0,35% della superficie totale. Lo spazio potenzialmente occupato dal motore è relativamente poco considerando tutta l'area che sarà

riqualificata. Nel progetto è stata inserita la possibilità di dedicare una piccola zona al deposito e al ritiro dei rifiuti per i residenti delle case popolari, e la restante parte per realizzare un parco pubblico. Sarà possibile alberare la zona, collocare panchine, installare gazebi e giochi per bambini, il tutto con la finalità di favorire la coesione sociale. Inoltre, per valorizzare l'intervento si valuta la possibilità di installare sul tetto del container un piccolo impianto fotovoltaico e nello spazio limitrofo un monitor informativo.

6.7 Replicabilità del progetto

Per concludere il capitolo si ritiene importante sottolineare la replicabilità dell'intervento in altre zone comunali, regionali, nazionali o internazionali. In particolare, la ricerca è specifica nell'individuare altre potenziali aree di intervento nel comune di Padova caratterizzate da realtà simili a quella della zona esaminata, e quindi valide per essere sottoposte a progetti di riqualificazione energetica. Non si esclude la possibilità di lavorare su aree di nuova edificazione, anche se l'attenzione si focalizza maggiormente su aree che necessitano di interventi di recupero urbano. La realizzazione di grandi impianti centralizzati con annesse reti di teleriscaldamento sono più fattibili su insediamenti urbani in via di costruzione per semplicità di dimensionamenti, di posa della rete e di allacciamenti. Questo però non vieta, come visto in questo studio, la possibilità di integrare nuovi impianti in contesti urbani ben consolidati.

Le zone ricercate oltre ad avere un elevato contenuto sociale devono disporre di zone limitrofe in cui localizzare l'impianto, senza creare disagi ai residenti. Questa esperienza, esaminata per la prima volta in via sperimentale, se realizzata in ogni quartiere di Padova, risulterebbe una scelta strategica per implementare le azioni proposte nel PAES di Padova e per supportare attivamente la corsa verso gli obiettivi imposti dal protocollo di Kyoto per l'anno 2020.

Le aree individuate sono le seguenti:

1. Quartiere Guizza: area delimitata da via Gozzano, via Confortini, via Alfieri, via Boiardo e via Guizza. Sono presenti varie attività commerciali, attività sportive come il centro sportivo del Petrarca, la parrocchia della Guizza, l'asilo, la scuola elementare e numerosi edifici datati che necessitano di riqualificazione energetica. La zona limitrofa a via Gozzano dispone di molti terreni di ampia metratura disponibili per localizzare l'impianto.
2. Quartiere Stanga: area delimitata da via Grassi, via Mamiani e via Maroncelli. Sono presenti diverse attività commerciali, la parrocchia San Pio X con annesso campo da calcio, il collegio universitario Murialdo, l'asilo e le case popolari realizzate negli anni 1995/1996. La zona racchiude realtà simili a quelle presenti nel quartiere Crocifisso. Sono stati individuati alcuni potenziali terreni tra via Mamiani e via Friburgo per localizzare l'impianto.

3. Quartiere Altichiero: area delimitata da via Tione, via della Salutare, via Leogra e via Astico. Sono presenti varie attività commerciali, la parrocchia di Altichiero con annesso campo da calcio e da basket, l'asilo, la scuola elementare, la scuola media e case sia popolari che private. Sono disponibili diversi terreni nella zona limitrofa a via Tione e via della Salutare per posizionare l'impianto.
4. Quartiere Stanga: area limitrofa a via Venezia. Progetto più ambizioso e ampio, consiste nella realizzazione di una rete di teleriscaldamento alimentata dall'inceneritore di Padova. Sono presenti attività commerciali, industriali, l'università di Padova, la fiera di Padova e alcuni edifici residenziali. Si racchiudono molte più utenze di diverse tipologie e complessivamente si ricopre un'area molto vasta.

CONCLUSIONI

I cambiamenti climatici rappresentano la sfida più importante che la nostra generazione e quelle future dovranno affrontare per evitare danni irreparabili all'ambiente. La riduzione delle emissioni di gas serra e il contenimento del riscaldamento globale potranno essere conseguiti attraverso impegni concreti e condivisi a livello mondiale, supportati dall'ingresso di nuove tecnologie innovative. Il costante aumento della popolazione e il settore energetico ancora ricco di sprechi e di inefficienze, rappresentano le fonti più grandi di inquinamento per l'ambiente. Per troppi anni il settore energetico non è stato oggetto di riforme e di interventi necessari a contenere i consumi abbattendo gli sprechi, ottimizzando l'impiego delle risorse energetiche introducendo nuove tecnologie ad alta compatibilità ambientale. Per far fronte alle conseguenze dei cambiamenti climatici, in tempi considerevoli, è necessario agire collettivamente con politiche ambientali di breve e lungo termine.

Il presente lavoro di tesi ha permesso di realizzare uno studio concreto sulla possibilità di migliorare l'efficienza energetica in un settore, come quello civile, distinto da consumi elevati e da molte inefficienze. Come descritto nel terzo capitolo, il settore civile è uno dei settori più energivori e necessita di politiche, azioni e incentivi per migliorare l'efficienza e ridurre i consumi di energia. L'Italia in questo ambito non ha ancora attuato misure rigide e complete per promuovere e incentivare il processo di riqualificazione energetica, processo che in altri Paesi europei è già ben consolidato e rappresenta per essi un punto di forza e di orgoglio per i risultati conseguiti. Investire sull'efficienza energetica non comporta benefici solamente agli utenti, i quali in cambio di un investimento iniziale vengono ripagati con costi più contenuti durante la gestione dell'abitazione e degli impianti, ma permette di raggiungere obiettivi molto più ambiziosi se questi interventi vengono integrati e valutati complessivamente. Con questo si vuole sottolineare che promuovere l'efficienza energetica a partire dai settori più energivori si traduce in una diminuzione della dipendenza dell'Italia dai paesi produttori di combustibili fossili e quindi maggior sicurezza di approvvigionamento, una riduzione degli sprechi di energia e della dipendenza energetica, un aumento delle risorse da investire sullo sviluppo delle fonti rinnovabili, una riduzione delle emissioni di anidride carbonica.

L'obiettivo principale della tesi è relativo all'analisi della possibilità di riqualificare energeticamente e socialmente una zona del quartiere Crocefisso di Padova, proponendo una soluzione tecnica finalizzata all'incremento dell'efficienza energetica, alla riduzione dei costi e sviluppando diverse considerazioni sociali per creare collaborazione e coesione sociale tra i residenti della zona. Questo studio oltre a ciò ha avuto la finalità di realizzare un modello di

riqualificazione energetica, di nuova applicazione nella città, facilmente replicabile e in grado di integrare le azioni già presenti nel piano d'azione dell'energia sostenibile di Padova.

La tesi inoltre, essendo uno studio preliminare, costituisce una possibile base per elaborare una proposta di progetto europeo e accedere alle prossime chiamate del programma di finanziamento europeo per la ricerca e l'innovazione "Horizon 2020".

Il progetto di tesi è stato sviluppato con l'idea di conciliare i benefici economici e ambientali, derivati dall'applicazioni di tecnologie moderne di produzione e distribuzione dell'energia, con un percorso di integrazione e di coesione sociale attraverso attività di sensibilizzazione e di partecipazione attiva.

Dal punto di vista energetico, analizzando ogni singolo edificio è stato possibile risalire al fabbisogno totale di energia primaria necessario per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria dell'intero complesso di edifici. Noto il fabbisogno totale, pari a 2141290 kWh/anno, è stata ricavata la curva di carico cumulata, impiegata per elaborare la soluzione tecnica proposta. L'impianto consigliato è di tipo cogenerativo, composto da un motore a combustione interna, per la produzione congiunta di energia termica ed elettrica, e da una o più caldaie integrative per la produzione di sola energia termica. L'impianto è connesso ad una rete di teleriscaldamento ed è alimentato a gas metano, unica soluzione valida e fattibile dal punto di vista economico e per il contesto urbano, ormai ben sviluppato e consolidato, in cui sarà insediato l'impianto. Ciò non toglie la possibilità, per le future applicazioni, di inserire nel modello proposto, in base alle caratteristiche delle aree di intervento, altri combustibili come i biocombustibili o la possibilità di integrare nuove tecnologie come le celle a combustibile, tutt'ora associate a costi troppo eccessivi. Le analisi eseguite hanno permesso di evidenziare i periodi di funzionamento del motore, dove oltre alla produzione di energia termica è garantita la produzione di energia elettrica, e i campi di funzionamento delle caldaie integrative. Le configurazioni ipotizzate hanno previsto l'impiego di un motore cogenerativo di due taglie differenti e di una o più caldaie integrative per completare la richiesta termica, garantendo un margine operativo maggiore rispetto all'effettiva richiesta stimata, per assicurare la continuità di servizio in ogni condizione operativa. Unendo all'aspetto energetico anche quello economico, sono state selezionate le configurazioni più economiche dal punto di vista dell'investimento iniziale per l'acquisto dei componenti, più economiche secondo i costi operativi durante il funzionamento e quella che, oltre a raggiungere entrambi questi vantaggi, permette di incrementare il valore sociale del progetto coinvolgendo attivamente gli utenti, i quali in cambio della disponibilità di terreni, centrali termiche o caldaie, possono richiedere canoni d'affitto o misure compensative sulla bolletta.

Dall'analisi dell'aspetto ambientale si può concludere ed evidenziare che la realizzazione di questo

intervento eviterebbe il funzionamento di 192 caldaie, distribuite non omogeneamente nella zona esaminata, concentrando in un unico impianto la produzione di energia termica. La riduzione delle emissioni di CO₂ è stimata in un intervallo tra il 15 e il 20%. L'installazione di un impianto di questa tipologia comporta a livello locale un aumento delle emissioni, ma a livello globale consegue una riduzione, grazie alla produzione simultanea e in un unico processo di energia termica ed elettrica. La riduzione delle emissioni è favorita anche dal fatto che si sostituiranno le caldaie attuali, con età compresa tra i 15 e i 30 anni, di cui non si ha la garanzia che siano state oggetto di manutenzioni ordinarie, con un impianto centralizzato di ultima generazione. Per aumentare il beneficio ambientale, si consiglia inoltre di integrare all'intervento proposto la coibentazione delle superfici e delle coperture esterne e la sostituzione degli infissi.

Data l'introduzione dell'impianto, è stato eseguito un ulteriore studio per valutare il disagio e l'impatto visivo ed estetico che ne consegue. Il risultato evidenzia che l'intervento non comporta disagi per i residenti in quanto i lavori avvengono prevalentemente su terreni non utilizzati e a sufficiente distanza dalle abitazioni. La soluzione più vantaggiosa, studiata per migliorare l'aspetto estetico, consiste nell'utilizzo della centrale termica situata presso la Casa Colori per installare l'intero gruppo caldaie, e dedicare la zona esterna solamente alla collocazione del motore cogenerativo. Inoltre, è stato proposto di riqualificare le aree individuate per la localizzazione dell'impianto, di proprietà in parte del comune di Padova e in parte della cooperativa sociale, realizzando un parco pubblico e un'area dedicata alla raccolta dei rifiuti per i residenti delle case di edilizia popolare.

Concludendo, dal punto di vista sociale sono stati sviluppati diversi percorsi, mirati sia ad aumentare l'integrazione tra i residenti e sia per sensibilizzare i cittadini e per superare le incertezze e la diffidenza verso l'utilizzo di tecnologie moderne. Spesso infatti si ritiene che i consumi elevati e i mancati benefici dei nuovi impianti siano legati ad un uso scorretto di quest'ultimi da parte degli utilizzatori e dalla mancanza di adeguata formazione e cultura a riguardo. Per promuovere comportamenti più sostenibili, includendo utenti di tutte le fasce d'età, sono stati sviluppati percorsi formativi ed educativi generali e specifici per gli utenti del nuovo impianto e per le scuole locali.

Il presente lavoro approfondisce tematiche che vanno ben oltre le semplici valutazioni economiche e ambientali. Permette di analizzare l'importanza della riqualificazione energetica attraverso una collaborazione a stretto contatto con gli utenti, rendendoli più motivati e fiduciosi sull'introduzione di nuove tecnologie e cercando di realizzare un senso di soddisfazione per i risultati raggiunti. Il progetto offre l'opportunità di valorizzare l'area di intervento con l'obiettivo di promuovere comportamenti sostenibili verso un uso più razionale dell'energia.

BIBLIOGRAFIA

1. E. Macchi, S. Campanari, P. Silva, *La microcogenerazione a gas naturale*, Milano, Polipress 2005.
2. G. Lozza, *Turbine a gas e cicli combinati*, Bologna, Progetto Leonardo 2006.
3. *"Efficienza energetica, gli incentivi per il risparmio energetico, le rinnovabili termiche e la cogenerazione"*, Nextville, Milano, Edizioni Ambiente 2013.
4. *"La rivoluzione elettrica"*, Collana AICARR, Palermo, Dario Flaccovio Editore 2005.
5. H. Scheer, *Imperativo energetico*, Milano, Edizioni Ambiente 2010.
6. A. Iacomelli, *"Oltre a Kyoto, cambiamenti climatici e nuovi modelli energetici"*, Roma, Franco Muzzo Editore 2007.
7. *"Piano d'azione per l'energia sostenibile del comune di Padova"*, Comune di Padova, Settore Ambiente e Territorio, anno 2011.
8. Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per l'Energia, Direzione Generale per l'Energia Nucleare, le Energie Rinnovabili e l'Efficienza Energetica, *"Strategia energetica nazionale: per un'energia più competitiva e sostenibile"*, Marzo 2013.
9. ENEA, *"Rapporto annuale efficienza energetica"*, Dicembre 2013.
10. GSE, *"Guida alla cogenerazione ad alto rendimento CAR"*, Edizione n°1, Marzo 2012.
11. H. Li, S. Svendsen, *"Energy and exergy analysis of low temperature district heating network"*, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli studi della Danimarca, Anno 2012.
12. Quinto report di valutazione dell'IPCC, *Climate Changes 2013, The Physical Science Basis*, anno 2013.
13. *"Uniamo le energie, guida ragionata per gli interventi di efficienza energetica nelle abitazioni"*, Regione Piemonte.
14. Progetto MICENE, *"Misure dei consumi di energia elettrica in 110 abitazioni italiane"*, Politecnico di Milano, 2004.
15. *"Linee guida per la progettazione, la realizzazione ed il collaudo delle reti di teleriscaldamento"*, AIRU, Associazione Italiana Riscaldamento Urbano, Anno 2015.
16. *"Fattori di emissione di CO2 nel settore elettrico e analisi della decomposizione delle emissioni"*, ISPRA, Rapporto Anno 2012.
17. Appunti del corso di Impianti Combinati e Cogenerativi, Università degli studi di Padova, Anno Accademico 2014-2015.
18. Appunti del corso di Impianti Termici e Frigoriferi, Università degli studi di Padova, Anno Accademico 2014-2015.

19. Appunti del corso di Economia dell'Energia, Università degli studi di Padova, Anno Accademico 2014-2015.
20. R. Sandonà, *"Valutazione sull'utilizzo della cogenerazione nel settore residenziale e nel settore terziario"*, Tesi di laurea specialistica in Ingegneria Energetica, Università degli Studi di Padova, Anno Accademico 2014-2015.
21. Siti consultati:
 1. www.pattodeisindaci.eu
 2. www.gse.it
 3. www.aicarr.org
 4. www.enea.it
 5. www.fire.italia.it
 6. www.isprambiente.gov.it
 7. www.istat.it
 8. www.autorità.energia.it
 9. www.eni.it
 10. www.carbontrust.com

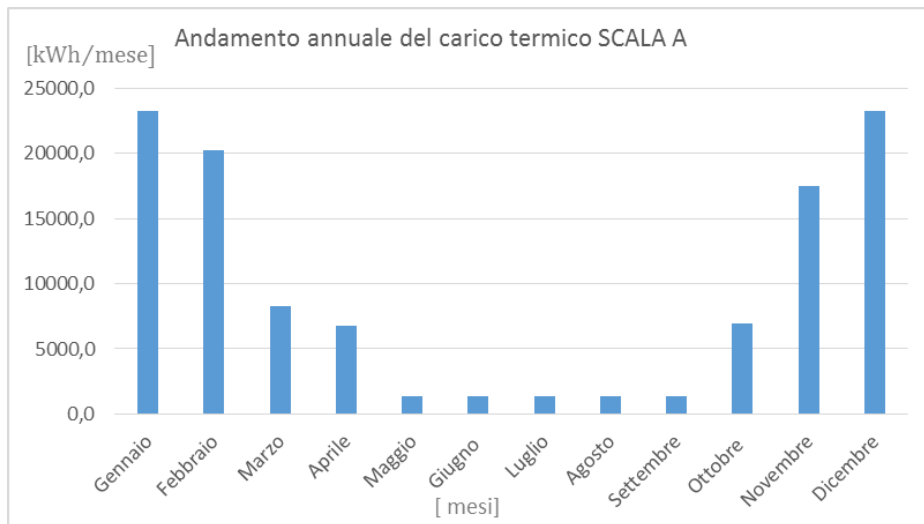
ALLEGATI

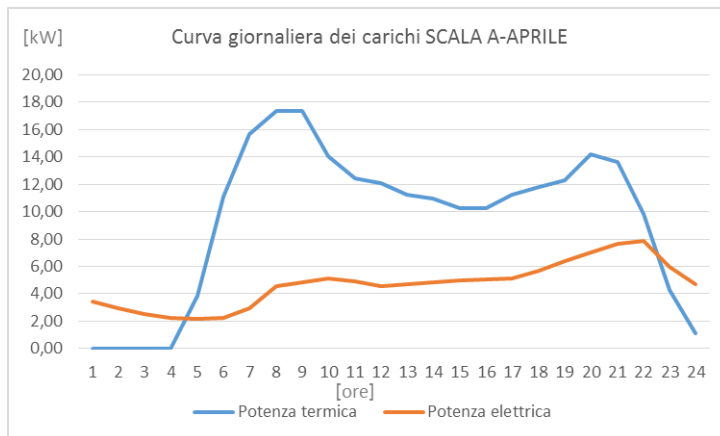
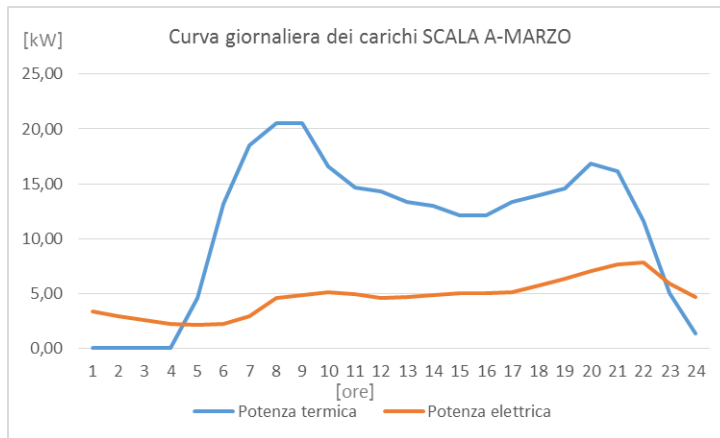
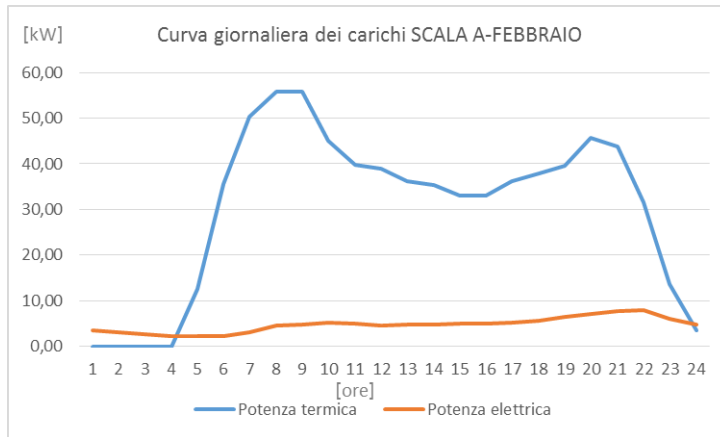
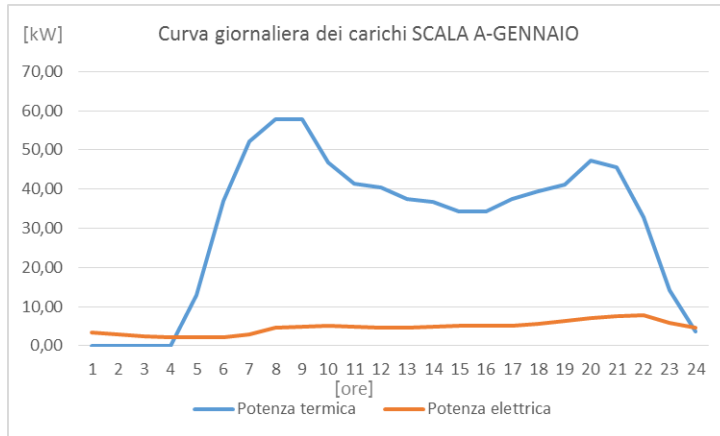
Per ogni edificio, rientrante nello studio effettuato, sono stati determinati gli andamenti mensili dei carichi termici e gli andamenti giornalieri dei carichi elettrici e termici. Per i carichi elettrici giornalieri sono stati utilizzati i valori specifici in W/m^3 forniti dal progetto MICENE e rapportati agli edifici oggetto del lavoro di tesi, in base alle rispettive volumetrie. A scopo illustrativo si riportano le curve di carico per un solo edificio, evidenziando che tale operazione è stata svolta per tutti gli edifici con lo scopo di ricavare le curve di carico cumulate, utilizzate per elaborare le soluzioni tecniche proposte.

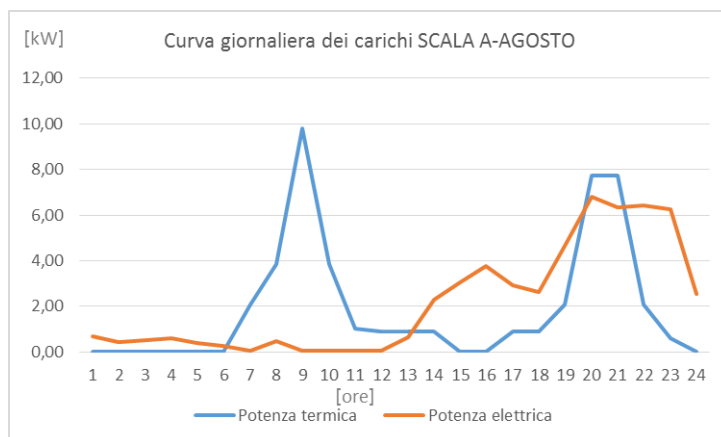
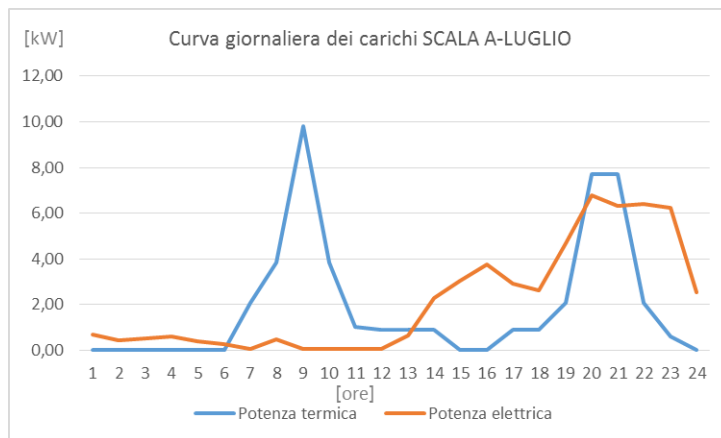
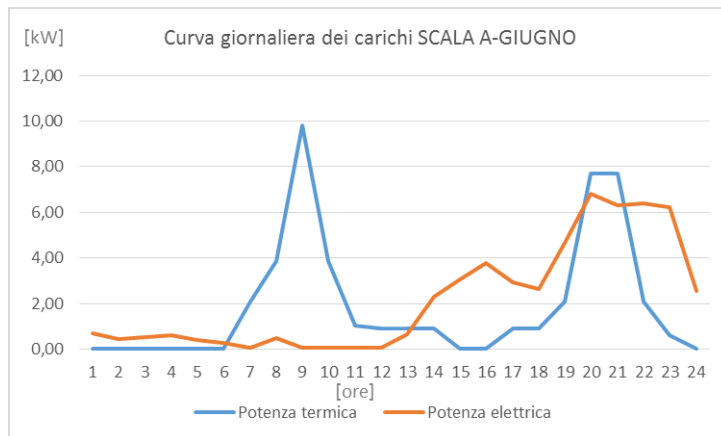
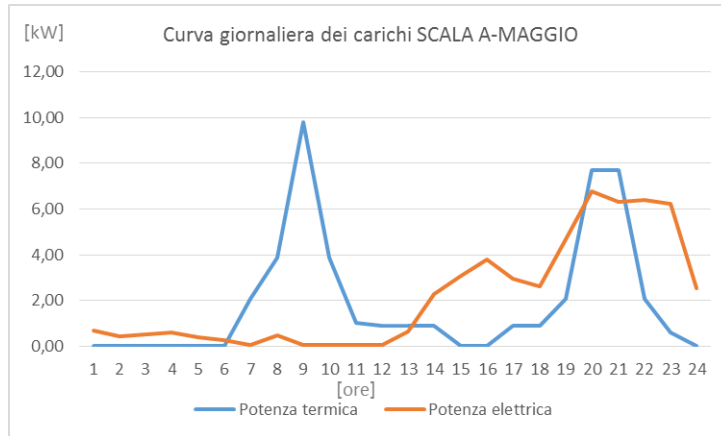
Si riporta per primo l'andamento annuale dei carichi termici e in seguito, gli andamenti giornalieri dei carichi termici ed elettrici valutati per tutti mesi dell'anno.

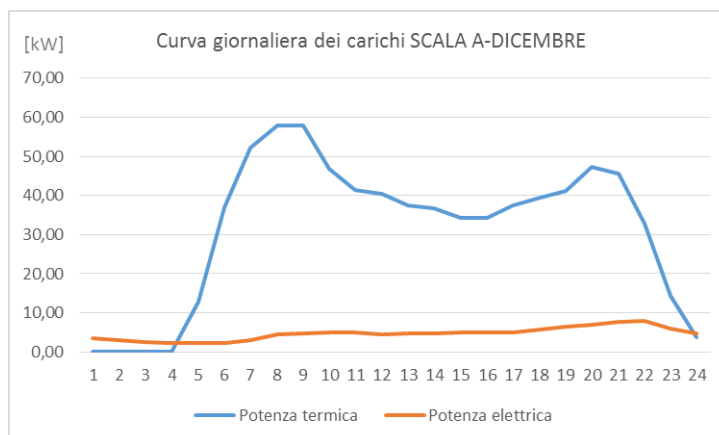
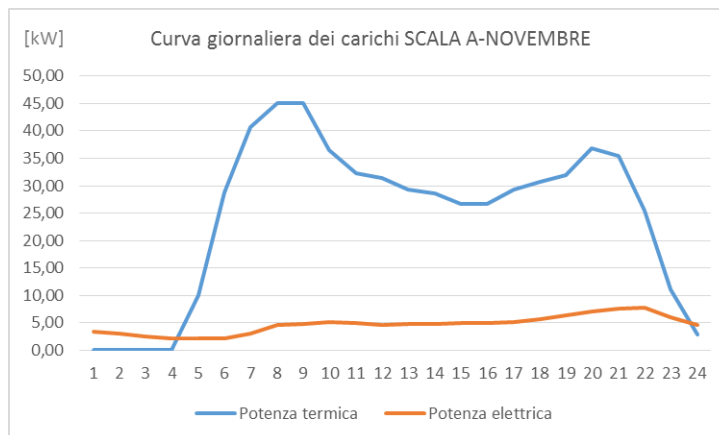
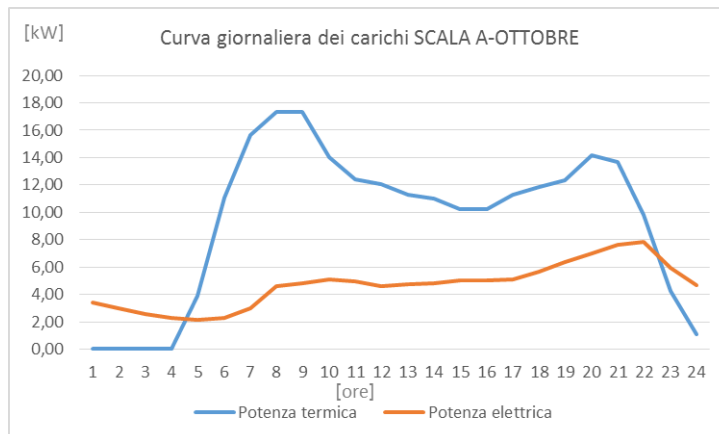
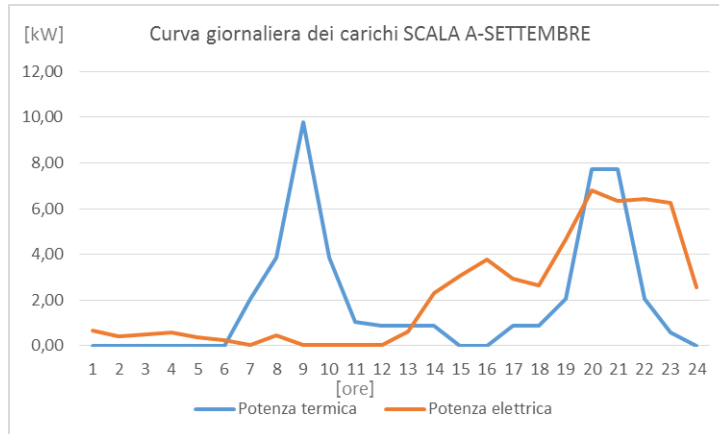
Tutti i dati, le tabelle e i grafici sono riportati in un foglio di calcolo, creato appositamente per ricavare le curve di carico cumulate e procedere con le ipotesi impiantistiche.

| Andamento annuale dei carichi per edificio SCALA A | | | | | |
|--|---------------|---------------|----------------|--------------|-------------|
| Vrisc [mc] | EP [kWh/a] | EP [kWh/mca] | N° Giorni anno | EP [kWh/mcg] | EP [Wh/mcg] |
| 4247,01 | 113254 | 26,67 | 365 | 0,073 | 73,06 |
| Mese | Qth [kWh/mcm] | Qth [kWh/mcg] | Qth [kWh/mese] | | |
| Gennaio | 5,48 | 0,18 | 23273,8 | | |
| Febbraio | 4,77 | 0,17 | 20246,8 | | |
| Marzo | 1,95 | 0,06 | 8264,1 | | |
| Aprile | 1,59 | 0,05 | 6752,5 | | |
| Maggio | 0,33 | 0,01 | 1402,5 | | |
| Giugno | 0,32 | 0,01 | 1357,3 | | |
| Luglio | 0,33 | 0,01 | 1402,5 | | |
| Agosto | 0,33 | 0,01 | 1402,5 | | |
| Settembre | 0,32 | 0,01 | 1357,3 | | |
| Ottobre | 1,64 | 0,05 | 6977,6 | | |
| Novembre | 4,13 | 0,14 | 17542,9 | | |
| Dicembre | 5,48 | 0,18 | 23273,8 | | |









RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la Prof.ssa Anna Stoppato, relatrice di questa tesi, per la grande disponibilità, cortesia e supporto fornitomi durante il periodo di tirocinio e per la stesura della tesi. Un particolare ringraziamento anche all'Ing. Alberto Benato per l'aiuto e per il tempo che mi ha dedicato.

Un sentito ringraziamento alla Dott.ssa Daniela Luise, responsabile dell'ufficio Informambiente, dove ho svolto sei mesi di tirocinio. Un grazie anche a tutti i colleghi che mi hanno fornito il materiale e il supporto utile per la realizzazione della tesi.

Un ringraziamento molto speciale ai miei genitori, che mi hanno sempre sostenuto moralmente, oltre che economicamente, e che mi hanno permesso di raggiungere questo secondo importante traguardo. Un ringraziamento a mio fratello Ale che senz'altro è stata una valvola di sfogo in questi anni, ma di sicuro sarà sempre la persona più fidata a cui potrò sempre rivolgermi. Un particolare ringraziamento a tutti i parenti: nonni, zii e cugini per essermi sempre stati vicini.

Un ringraziamento a Sara, che mi è stata accanto anche nella mia seconda fase di studi. Nonostante gli sfoghi e i momenti di stress, ha sempre creduto in me sostenendomi e spronandomi.

Un ringraziamento a tutti i miei amici che mi sono sempre stati vicini e che mi sopportano da tanti anni, in particolare Tommaso e Giacomo. Infine, un grazie ad Alessandro Junior che da quando è nato mi ha sempre portato fortuna in tutti gli esami.

Un ringraziamento speciale a tutti i miei compagni di corso che hanno saputo rendere ogni giorno di lezione piacevole e che sono sempre stati disponibili per studiare e per preparare gli esami insieme.

