

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN  
INGEGNERIA ELETTRICA

**TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN  
INGEGNERIA ELETTRICA**

**ANALISI DELLA RIQUALIFICAZIONE  
ENERGETICA DELL'AZIENDA  
OSPEDALIERA DI PADOVA**

**RELATORE:** Prof. Arturo Lorenzoni

**LAUREANDO:** Manuel Poletto

ANNO ACCADEMICO 2014-15



## **Indice**

### **Introduzione**

<b>Capitolo I.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Riqualificazione energetica .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Normativa .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Il meccanismo dei certificati bianchi.....</b>	<b>6</b>
<b>Capitolo II.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Linee guida Enea per le diagnosi energetiche .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Analisi dei consumi dell’Azienda Ospedaliera di Padova .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Analisi del consumo di gas naturale ed energia termica .....	15
2.2.2 Stima degli usi finali di energia termica .....	27
2.2.3 Analisi del consumo e della produzione di energia elettrica.....	28
2.2.4 Stima del consumo degli usi finali di energia elettrica .....	35
2.2.5 Osservazioni tecniche e opportunità di risparmio energetico .....	37
<b>Capitolo III .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Capitolato tecnico.....</b>	<b>41</b>
<b>Conclusioni.....</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>52</b>



## **Introduzione**

Questa tesi costituisce il compendio di un'attività di stage della durata di quattro mesi presso l'Azienda Ospedaliera di Padova, il cui obiettivo è stato la valutazione economica di alcune proposte di riqualificazione energetica, nell'ambito della Convenzione stipulata dal Consip per l'affidamento di un Multiservizio tecnologico Integrato con fornitura di Energia per gli immobili adibiti ad uso Sanitario (MIES).

L'analisi citata viene annoverata tra le finalità della tesi e viene inserita in un contesto più ampio, che si propone di illustrare la realtà energetica dell'Azienda Ospedaliera di Padova, attraverso l'analisi dei consumi e la descrizione degli impianti, in modo da individuare le criticità e suggerire delle possibili soluzioni oltre a discutere gli interventi di riqualificazione sopra citati.

Nella prima parte verrà introdotto l'ambito dell'efficienza energetica, richiamando le normative italiana ed europea in materia e chiarendo alcuni concetti chiave.

Seguirà una descrizione della situazione impiantistica dell'ospedale, adottando per quanto possibile l'impostazione delle linee guida Enea ed un'analisi dei consumi; saranno quindi individuate le attività che presentano le maggiori prospettive di risparmio, proponendo delle soluzioni appropriate a ciascuna casistica.

Quindi verrà descritta la convenzione che regola il MIES, illustrando i punti salienti del Capitolato Tecnico utili alla comprensione del contesto contrattuale che regola gli interventi di efficienza energetica.

La parte conclusiva verterà sull'analisi degli interventi proposti in modo da capire se possano portare una convenienza economica e/o strategica all'Azienda Ospedaliera.



# Capitolo I

## 1.1 Riqualificazione energetica

La riqualificazione energetica è l'insieme delle operazioni finalizzate all'aumento dell'efficienza energetica di un edificio, degli impianti che lo caratterizzano e dei flussi energetici edificio-impianti che consentono oltre a garantire una migliore gestione impiantistica, di conseguire risparmi di natura energetica ed economica e la riduzione dell'inquinamento ambientale.

Tale operazione rappresenta solamente la fase finale di una serie di attività di fondamentale importanza che vengono di seguito illustrate.

La diagnosi energetica o audit energetico, è definita come la "procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di un'attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati" [1]. L'analogia con la diagnosi medica risulta particolarmente significativa, dal momento che mediante una diagnosi energetica è possibile definire lo "stato di salute" dell'edificio analizzato, individuandone le "parti malate" e proponendo una "cura" idonea sulla base delle specifiche inefficienze riscontrate.

Un audit energetico si articola in diverse fasi: dapprima vengono raccolti i dati dei consumi energetici degli impianti utilizzatori reperibili da fatture o bollette, analizzando inoltre i corrispettivi tariffari previsti dai contratti di fornitura: già a questo livello potrebbero essere presenti delle inefficienze eliminabili modificando la tipologia di contratto. Quindi è possibile realizzare una stima preliminare dei risparmi conseguibili, correlati a criticità del sistema edificio-impianti rilevabili senza necessità di alcuna misurazione.

La seconda fase prevede un'analisi più accurata realizzabile con l'ausilio di termocamere, particolari telecamere sensibili alla radiazione infrarossa in grado di rilevare le temperature dei corpi analizzati mediante la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa emessa; è infatti noto che tutti gli oggetti ad una temperatura superiore allo zero assoluto emettono radiazioni nel campo dell'infrarosso [2]. Mediante tale strumento è quindi possibile effettuare un controllo dello "stato di salute" di un edificio, evidenziandone facilmente i punti critici quali scarsa coibentazione, ponti termici (elementi edilizi che presentano densità di flusso termico maggiore rispetto agli elementi vicini), umidità nelle murature, ma anche individuare il tracciato di impianti elettrici e idrico-sanitari in funzione. Quindi vengono presi in esame gli interventi di riqualificazione energetica più urgenti e vengono eseguite simulazioni dettagliate delle prestazioni dell'edificio allo stato di fatto ed allo stato futuro, evidenziando le nuove prestazioni.

Segue un'attenta analisi costi-benefici in modo da giustificare economicamente gli interventi ed evidenziare i tempi di ritorno dell'investimento alla luce di diversi scenari, che tengano conto di eventuali incentivi e di finanziamenti: infine è possibile valutare la fattibilità degli interventi sotto tutti gli aspetti [3].

A riqualificazione compiuta è prassi eseguire una nuova diagnosi energetica evidenziando le prestazioni effettive del nuovo sistema edificio-impianti, raccogliendo dati mediante opportuno monitoraggio in modo da appurare se i risultati a consuntivo siano sovrapponibili con l'analisi preventiva.

La diagnosi energetica è un'attività particolarmente delicata e complessa in quanto non può essere eseguita da personale non qualificato e anche in tale circostanza non è assicurato il conseguimento di risultati ottimali in termini di risparmio energetico.

È necessario rivolgersi pertanto a ESCo (Energy Service Companies) certificate secondo la norma UNI CEI 11352, EGE (Esperti in Gestione dell'Energia) certificati secondo la norma UNI CEI 11339 o Auditor Energetici.

Prima di affrontare il caso dell'Azienda Ospedaliera di Padova è opportuno passare in rassegna i percorsi normativi italiano ed europeo di regolamentazione e d'incentivazione dell'efficienza energetica.

## 1.2 Normativa

Dalla fine degli anni Novanta ha acquisito maggiore concretezza l'azione dei governi europei nei confronti di tematiche ambientali ed energetiche, tanto da intraprendere politiche di razionalizzazione dei consumi finali di energia e di diversificazione delle fonti energetiche, con predilezione per quelle rinnovabili.

L'attuale società industriale si è sviluppata grazie al contributo fondamentale dei combustibili fossili (carbone, petrolio, gas naturale) che costituiscono delle fonti non rinnovabili e pertanto esauribili, perché disponibili in quantità limitate. Tali risorse hanno garantito e tuttora continuano a garantire, la produzione di energia termica ed elettrica, ma alla lunga hanno mostrato i propri limiti: l'esauribilità da un lato, che sancisce un limite temporale alla disponibilità di tali fonti e le note problematiche ambientali dall'altro, che difficilmente possono essere superate se non abbandonando gradualmente i combustibili fossili.

In questo contesto l'efficienza energetica si rivela uno strumento chiave nella riduzione della dipendenza dalle fonti non rinnovabili, in quanto abbattendo gli sprechi aumenta la disponibilità di energia primaria a parità di potenza e prestazioni. In aggiunta a ciò si possono realizzare altri obiettivi non meno importanti: riduzione inquinamento antropico nella biosfera, limitazione delle emissioni di gas serra in atmosfera, risparmio di energia primaria, che si traduce in un aumentata disponibilità di fonti non rinnovabili e risparmio economico e di risorse (valore etico).

Nel prosieguo verrà affrontato l'iter normativo europeo ed italiano rispettivamente, in materia di efficienza energetica; tale descrizione non ha la presunzione di essere esaustiva ma è finalizzata alla descrizione delle dinamiche che hanno portato all'attuale contesto economico-politico in materia.

L'Unione Europea tra le numerose attività che svolge, emana delle Direttive, che hanno lo scopo di armonizzare le legislazioni nazionali dei Paesi Membri; esse introducono un obbligo in termini di risultati finali, ma lasciano piena libertà agli Stati per quanto attiene i mezzi e le metodologie usate per il raggiungimento di tali obiettivi.

Le direttive devono essere recepite entro un lasso di tempo che va da sei mesi a due anni [4].

A livello europeo, dal 2001 sotto la spinta del noto Protocollo di Kyoto, ne sono state varate diverse atte a migliorare gli standard di efficienza energetica degli Stati membri dell'Unione Europea, incentivando l'utilizzo di fonti rinnovabili e scoraggiando anche economicamente qualora ritenuto necessario, le attività energeticamente inefficienti e/o fonte di inquinamento.

Viene stilato di seguito un elenco delle principali direttive [5]:

- **Direttiva 2001/77/CE:** promuove “un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato interno” e pone “le basi per un futuro quadro comunitario in materia”.
- **Direttiva 2002/91/CE:** promuove “il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi”.
- **Direttiva 2004/8/CE:** l'intento è di “accrescere l'efficienza energetica e migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento creando un quadro per la promozione e lo sviluppo della cogenerazione ad alto rendimento di calore ed energia, basata sulla domanda di calore utile e sul risparmio di energia primaria, nel mercato interno, tenendo conto delle specifiche situazioni nazionali, in particolare riguardo alle condizioni climatiche e alle condizioni economiche”.
- **Direttiva 2005/32/C:** promuove la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia.
- **Direttiva 2006/32/CE:** fornisce un nuovo quadro per l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici, indicando un obiettivo medio di risparmio energetico da conseguire a livello nazionale per ciascun Paese entro il 2015 (9%); viene redatto un elenco di misure che consentono il miglioramento dell'efficienza energetica negli usi finali. Tale direttiva abroga la 93/76/CEE del Consiglio.
- **Decisione 2007/74/CE:** stabilisce valori di rendimento di riferimento armonizzati per la produzione separata di elettricità e di calore (in applicazione della 2004/8/CE).
- **Direttiva 2008/1/CE:** promuove “la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento”. “Essa prevede misure intese a evitare oppure, qualora non sia possibile, a ridurre le emissioni delle suddette



attività nell'aria, nell'acqua e nel suolo, comprese le misure relative ai rifiuti, per conseguire un livello elevato di protezione dell'ambiente nel suo complesso”.

- **Direttiva 2009/28/CE**: promuove l'uso dell'energia da fonti rinnovabili, reca modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- **Direttiva 2009/29/CE**: modifica la direttiva 2003/87/CE al fine di perfezionare ed estendere il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra.
- **Direttiva 2009/31/CE**: relativa allo stoccaggio geologico di biossido di carbonio e recante modifica della direttiva 85/337/CEE del Consiglio, delle direttive del Parlamento europeo e del Consiglio 2000/60/CE, 2001/80/CE, 2004/35/CE, 2006/12/CE, 2008/1/CE e del regolamento (CE) n. 1013/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio.
- **Decisione n. 406/2009/CE**: stabilire “il contributo minimo degli Stati membri all’adempimento dell’impegno assunto dalla Comunità di ridurre, per il periodo dal 2013 al 2020, le emissioni di gas a effetto serra disciplinate dalla presente decisione, e le norme per la realizzazione di tali contributi e per la valutazione del rispetto di questo impegno” e “stabilisce disposizioni per la valutazione e l’attuazione di un impegno più rigoroso della Comunità in materia di riduzioni, superiore al 20 %, da applicare previa approvazione da parte della Comunità di un accordo internazionale che conduca a riduzioni delle emissioni superiori a quelle previste all’articolo 3, come risulta dall’impegno di riduzione del 30 % approvato dal Consiglio europeo del marzo 2007”.
- **Direttiva 2009/72/CE**: stabilisce norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica e abroga la direttiva 2003/54/CE.
- **Direttiva 2009/73/CE**: stabilisce norme comuni per il mercato interno del gas naturale e che abroga la direttiva 2003/55/CE.
- **Direttiva 2010/30/UE**: istituisce “un quadro per l’armonizzazione delle misure nazionali sull’informazione degli utilizzatori finali, realizzata in particolare mediante etichettatura e informazioni uniformi sul prodotto, sul consumo di energia e, se del caso, di altre risorse essenziali durante l’uso nonché informazioni complementari per i prodotti connessi all’energia, in modo che gli utilizzatori finali possano scegliere prodotti più efficienti; si applica ai prodotti che hanno un notevole impatto diretto o indiretto sul consumo di energia”.
- **Direttiva 2010/31/UE**: “promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all’interno dell’Unione, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all’efficacia sotto il profilo dei costi”.
- **Direttiva 2012/27/UE**: “stabilisce un quadro comune di misure per la promozione dell'efficienza energetica nell'Unione al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale dell'Unione relativo all'efficienza energetica del 20 % entro il 2020 e di gettare le basi per ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica al di là di tale data. Essa stabilisce norme atte a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e nell'uso dell'energia e prevede la fissazione di obiettivi nazionali indicativi in materia di efficienza energetica per il 2020. Modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE [6].

Per quanto riguarda la normativa italiana verrà affrontata un’analisi ad ampio raggio ma comunque sintetica, elencando ed esplicitando le maggiori misure introdotte in tema di efficienza energetica negli anni.

- **Legge 373/76<sup>1</sup>**: introduce dei requisiti minimi di isolamento termico, è da intendersi come una logica conseguenza agli effetti della crisi petrolifera degli anni Settanta più che un tentativo credibile di riduzione dei consumi.
- **Legge 9/1/1991, n. 10**: “Norme per l’attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”. Definisce un elenco di fonti considerate rinnovabili “il sole, il vento, l’energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali” o assimilate: “la cogenerazione, intesa come produzione combinata di energia

<sup>1</sup>Le norme riportate, correlate di commenti, sono tratte, dove non specificato, da banche dati ufficiali dello Stato, e vengono qui riportati i siti internet corrispondenti: <http://www.normattiva.it/>; <http://www.gazzettaufficiale.it/>

elettrica o meccanica e di calore, il calore recuperabile nei fumi di scarico e da impianti termici, da impianti elettrici e da processi industriali, nonché le altre forme di energia recuperabile in processi, in impianti e in prodotti ivi compresi i risparmi di energia conseguibili nella climatizzazione e nell'illuminazione degli edifici con interventi sull'involucro edilizio e sugli impianti".

Viene richiamata l'emanazione di ulteriori norme che regolino "progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici, e i seguenti aspetti: determinazione delle zone climatiche; durata giornaliera di attivazione nonché periodi di accensione degli impianti termici; temperatura massima dell'aria negli ambienti degli edifici durante il funzionamento degli impianti termici; rete di distribuzione e adeguamento delle infrastrutture di trasporto, di ricezione e di stoccaggio delle fonti di energia al fine di favorirne l'utilizzazione da parte degli operatori pubblici e privati"; viene introdotto il responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia (energy manager).

- **Legge 9/1/1991 n. 9:** istituisce il marchio del "Risparmio Energetico" oltre a regolamentare il Nuovo Piano Energetico Nazionale.
- **D.P.R. 26/8/1993 n. 412:** costituisce un'attuazione delle legge 10/1991, introduce la divisione del territorio nazionale in "sei zone climatiche in funzione dei gradi-giorno indipendentemente dall'ubicazione geografica".  
Stabilisce inoltre dei valori di riferimento della temperatura interna degli edifici, che è di  $18\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  di tolleranza per edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili e  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  di tolleranza per tutti gli altri edifici. Viene fissato il periodo di riscaldamento idoneo per ciascuna zona climatica e la modalità di funzionamento degli impianti termici durante il giorno. Vengono richiamate molte norme UNI per la progettazione, realizzazione e manutenzione degli impianti termici e viene proposto un percorso per la valutazione del bilancio energetico invernale di un edificio, dato dalla somma algebrica di apporti di calore e dispersioni. La legge impone anche la verifica della "tenuta" dell'isolamento di pareti e tetto al fine di non disperdere calore inutilmente: l'obiettivo è proprio quello di mantenere il più possibile il calore senza disperderlo per risparmiare energia. [7].
- **Provvedimento CIP 6/92:** su mandato della legge 9/91, definisce i prezzi di cessione dell'energia elettrica per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili e assimilate entrati in esercizio dopo il 30 gennaio 1991, prevedendo una forte incentivazione, dando sviluppo a tecnologie a fonte rinnovabile ma soprattutto e purtroppo agli impianti di termovalorizzazione, considerati alla stregua degli impianti rinnovabili [8].
- **D.M. 24 aprile 2001:** introducono i primi obiettivi nazionali di risparmio energetico, ma purtroppo non hanno seguito attuativo.
- **D.M. 20 luglio 2004:** contengono in gran parte considerazioni dei DM 24/4/2001, ma trovano finalmente applicazione. Eccone le generalità [9]:
  - definiscono obiettivi nazionali di risparmio di energia primaria da parte dei distributori di energia elettrica e gas;
  - definiscono modalità, tipologie di interventi e progetti che consentono il raggiungimento di tali obiettivi;
  - introducono il mercato dei titoli di efficienza energetica (di seguito "TEE");
  - prevedono la possibilità di coprire i costi sostenuti dai distributori di energia tramite contributi tariffari a carico dei consumatori;
  - introducono sanzioni per gli inadempienti;
  - viene richiamata un'attività di regolamentazione tecnica e gestione di questo meccanismo da parte dell'AEEG. L'obiettivo di risparmio stabilito da tali decreti è di 2,9 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) alla fine del quinquennio 2005-2009, valore che equivale all'entità dell'aumento annuo dei consumi nazionali nel periodo 1999-2001.

La riduzione dei consumi complessivi nazionali consente di ottenere da un lato il conseguimento degli obiettivi di riduzione di gas serra relativi all'adesione dell'Italia al Protocollo di Kyoto, dall'altro porta notevoli benefici economici e sociali ai cittadini quali riduzione dell'inquinamento derivante da attività di produzione e consumo di energia, riduzione della dipendenza energetica dall'estero e maggiore sicurezza di approvvigionamento, oltre ad un maggior controllo dei picchi di domanda, riducendo il rischio di black-out (si pensi al famoso black-out italiano del luglio 2003).

I distributori possono adempiere agli obblighi suddetti presentando progetti di miglioramento dell'efficienza energetica in favore degli utenti, realizzabili dalle società stesse o da ESCo, o mediante l'acquisto dei TEE, detti anche "certificati bianchi" [10].

- **D. Lgs. 11 maggio 2005 n.133:** "si applica agli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti e stabilisce le misure e le procedure finalizzate a prevenire e ridurre per quanto possibile gli effetti negativi dell'incenerimento e del coincenerimento dei rifiuti sull'ambiente, in particolare l'inquinamento atmosferico, del suolo, delle acque superficiali e sotterranee, nonché i rischi per la salute umana che ne derivino".
- **D.M. 27 luglio 2005:** riguarda il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2); "definisce i criteri generali tecnico-costruttivi e le tipologie per l'edilizia sovvenzionata e convenzionata nonché per l'edilizia pubblica e privata, anche riguardo alla ristrutturazione degli edifici esistenti, al fine di favorire ed incentivare l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella produzione o nell'utilizzo di manufatti".
- **D.M. 28 luglio 2005:** definisce dei criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.
- **D. Lgs. 19 agosto 2005 n. 192:** recepisce la direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- **D.M. 24 ottobre 2005:** direttive per la regolamentazione dell'emissione dei certificati verdi alle produzioni di energia di cui all'articolo 1, comma 71, della legge 23 agosto 2004, n. 239.
- **D.M. 24 ottobre 2005:** aggiornamento delle direttive per l'incentivazione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili ai sensi dell'articolo 11, comma 5, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79.
- **D.M. 6 febbraio 2006:** insieme al D.M. 28 luglio 2005 introduce il Primo Conto Energia, definisce criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (verranno omissi in questo elenco i decreti che introducono i seguenti "Conto Energia"; è sufficiente ricordare che l'ultimo è il Quinto Conto Energia, introdotto nel 2012).
- **D. Lgs. 29 dicembre 2006 n. 311:** Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia. Testo coordinato dei D. Lgs. 192/05 e 311/06.
- **D. Lgs. 8 febbraio 2007 n. 20:** attuazione della direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia, nonché modifica alla direttiva 92/42/CEE.
- **D. Lgs. 30 maggio 2008 n. 115:** attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE; sancisce il conferimento all'ENEA delle funzioni di Agenzia Nazionale per l'Efficienza Energetica.
- **D. Lgs. 29 marzo 2010 n. 56:** modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE.
- **D.M. 28 Dicembre 2012:** introduce misure di potenziamento del meccanismo dei certificati bianchi; vengono stabiliti degli obiettivi minimi di risparmio energetico mediante tale sistema per il quadriennio 2013-2016; vi è l'introduzione di 18 nuove schede tecniche di intervento; gestione, valutazione e certificazione dei risparmi conseguiti con progetti realizzati mediante i TEE diventano attività di competenza del GSE, prima svolte dall'AEEG.
- **D. Lgs. 16 aprile 2013 n. 74:** completa il recepimento della direttiva 2002/91/CE.
- **D. Lgs. 4 luglio 2014 n. 102:** recepisce la direttiva 2012/27/CE e rappresenta attualmente la linea guida nazionale per l'efficienza energetica. Eccone i punti salienti:
  - "stabilisce un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico"; si propone inoltre di rimuovere gli ostacoli all'efficienza negli usi finali dell'energia sul mercato;
  - viene quantificato l'obiettivo nazionale di riduzione dei consumi energetici, fissato pari a 20 Mtep dei consumi di energia primaria, ovvero 15,5 Mtep di energia per usi finali entro il 2020, conteggiati a partire dal 2010;

- viene ribadito il ruolo fondamentale della Pubblica Amministrazione (di seguito “P.A.”) nella riduzione dei consumi sia per il notevole potenziale di risparmio degli edifici di proprietà della stessa, sia per l’attività esemplare che svolge per la comunità civile; viene stabilito l’obbligo di conseguire la riqualificazione energetica degli immobili della P.A., dal 2014 al 2020 pari almeno al 3 % annuo della “superficie coperta utile climatizzata” o che realizzi un risparmio nello stesso periodo di almeno 0,040 Mtep;
- è stabilito che mediante il meccanismo dei certificati bianchi venga garantito un risparmio energetico di almeno il 60% dell’obiettivo di risparmio nazionale;
- è introdotto l’obbligo di eseguire diagnosi energetiche entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni, per le grandi imprese, definite come quelle imprese che occupano “più di 250 persone, il cui fatturato annuo supera i 50 milioni di euro o il cui totale di bilancio annuo supera i 43 milioni di euro”; in caso di inottemperanza è prevista una sanzione amministrativa;
- viene posto l’accento sull’importanza della contabilizzazione individuale per aumentare il più possibile la quantità e la qualità delle informazioni disponibili per il consumatore, al fine di accrescere la sua consapevolezza e senso civico nei confronti del risparmio energetico;
- viene istituito il “Fondo nazionale per l’efficienza energetica” .

A marzo 2015, la Commissione europea ha aperto due procedure di infrazione contro l’Italia per il mancato recepimento di alcune norme contenute nelle direttive 2009/72/CE, 2009/73/CE e 2012/27/UE; tra i 35 punti problematici si evidenzia la presenza di lacune nel decreto 102/2014, che aveva l’obiettivo proprio di recepire la suddetta direttiva europea del 2012.

La risposta italiana si sta concretizzando mediante l’emanazione di un decreto correttivo, il quale è ancora in discussione in Parlamento e che verrà verosimilmente approvato entro Ottobre 2015.

Si segnala infine l’avvenuta pubblicazione di tre ulteriori decreti il 16 luglio 2015 per mano del Ministero dello Sviluppo Economico, che completano il quadro normativo in materia di efficienza energetica degli edifici. Rispettivamente riguardano: applicazione dei metodi di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici; schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell’applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici; adeguamento del decreto MiSE 26 giugno 2009 sulle Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici [11].

### **1.3 Il meccanismo dei certificati bianchi**

I Titoli di Efficienza Energetica, detti anche “certificati bianchi”, sono emessi dal Gestore dei Mercati Energetici (GME) e costituiscono un vero e proprio sistema di incentivazione dell’efficienza energetica, in quanto certificano i risparmi energetici conseguiti da un soggetto e consentono la verifica degli obiettivi e il rimborso tariffario a copertura degli oneri sostenuti per l’intervento di efficientamento.

La regolamentazione del meccanismo viene garantita dal seguente quadro normativo:

1. Decreti 20 luglio 2004
2. Decreto 21 dicembre 2007
3. Dlgs n. 28 del 3 marzo 2011
4. Allegato A della delibera EEN 9/11 dell’AEEG (“Linea Guida”)
5. Decreto 28 dicembre 2012

Ecco le principali caratteristiche del sistema incentivante, riportate dalla Guida Operativa redatta dall’ENEA [12]:

1. il Gestore dei Servizi Energetici (GSE) ha in carico l’attività di gestione, valutazione e certificazione dei risparmi correlati a progetti di efficienza energetica condotti nell’ambito del meccanismo dei certificati bianchi;
2. il miglioramento dell’efficienza energetica va realizzato presso gli utenti finali;
3. sono stabiliti obiettivi nazionali di incremento dell’efficienza energetica a carico di soggetti obbligati;

4. i grandi distributori di gas ed elettricità sono i soggetti obbligati al raggiungimento dei predetti obiettivi;
5. il 31 maggio di ogni anno il GSE verifica il raggiungimento dell'obiettivo da parte dei soggetti obbligati;
6. il miglioramento dell'efficienza energetica viene certificato tramite l'emanazione da parte del GME (gestore dei mercati energetici) di Titoli di Efficienza Energetica (TEE), detti anche "certificati bianchi";
7. le proposte per l'ottenimento dei titoli sono sottoposte ad un'istruttoria tecnico-amministrativa condotta da ENEA e RSE;
8. è attivo un mercato dei suddetti titoli in base a contrattazioni bilaterali e accesso alla borsa dei TEE;
9. è previsto un contributo tariffario a favore delle aziende di distribuzione obbligate a parziale copertura degli oneri sostenuti per il raggiungimento degli obiettivi;
10. sono irrogate sanzioni a carico dei soggetti obbligati nei casi di inadempienza.

I soggetti obbligati sono i grandi distributori di gas ed energia elettrica, intendendo quelle aziende con un numero di utenti serviti superiore a 50000; essi devono ogni anno raggiungere un obiettivo in termini di numero minimo di TEE, stabilito da Decreto del Ministero dello Sviluppo. La quota parte di risparmio che devono conseguire le suddette imprese nell'anno  $n$  viene calcolata in base al rapporto tra l'energia elettrica o il gas erogato e il totale del rispettivo vettore energetico erogato a livello nazionale nell'anno  $n-1$ . Tale obiettivo deve essere conseguito entro il 31 maggio di ogni anno, mediante comunicazione al GSE.

Oltre ai soggetti obbligati, sono ammessi anche dei soggetti volontari alla partecipazione del meccanismo, che possono essere: distributori con meno di 50000 utenti, società di servizi energetici (SSE), soggetti con energy manager (SEM), soggetti con energy manager volontario (EMV), soggetti che hanno implementato un sistema di gestione dell'energia conforme allo norma ISO 50001 (SSGE).

Soggetti obbligati e volontari rispettivamente devono e possono realizzare interventi di miglioramento dell'efficienza energetica, tali da realizzare dei risparmi che possano essere esibiti mediante opportune procedure al GSE, che valuterà se riconoscere o meno una quota di TEE conforme alla tipologia di intervento eseguito sulla base a determinati requisiti.

Verificato il raggiungimento dei risparmi da parte del GSE avviene l'emissione di TEE da parte del GME, consentendo ai soggetti obbligati di ottenere un rimborso in tariffa per gli interventi realizzati e ai soggetti volontari di vendere tali titoli in borsa. I soggetti obbligati possono soddisfare gli obiettivi procurandosi TEE dalla borsa mediante acquisto o stipulazione di contratti bilaterali; il mancato raggiungimento fa scattare una sanzione.

Per quanto concerne le società con obbligo di nomina dell'energy manager (art. 19 legge 10/91) la partecipazione al meccanismo dei certificati bianchi e l'erogazione degli stessi possono avvenire solo se viene nominata questa figura per tutti gli anni in cui si verifica l'obbligo (10000 tep/anno per il settore industriale e 1000 tep/anno per gli altri settori), pena la decadenza al diritto di emissione.

Esistono tre metodi di valutazione delle proposte di miglioramento dell'efficienza: standardizzato, analitico e a consuntivo.

Prima di descrivere tali metodi, è indispensabile introdurre alcuni parametri:

- vita utile: introdotta dai due decreti 20/7/2004 per il gas e l'energia elettrica, corrisponde a:
  - 8 anni per gli interventi per l'isolamento termico degli edifici, il controllo della radiazione entrante attraverso le superfici vetrate durante i mesi estivi, le applicazioni delle tecniche dell'architettura bioclimatica, del solare passivo e del raffrescamento passivo;
  - 5 anni negli altri casi.
- vita tecnica: definita nella Linea Guida (Art. 1 "Definizioni") come "il numero di anni successivi alla realizzazione dell'intervento durante i quali si assume che gli apparecchi o dispositivi installati funzionino e inducano effetti misurabili sui consumi di energia".

Per interventi a consuntivo è possibile ricavarla da valori tabulati predisposti dalla Linea Guida; varia dai 5 ai 30 anni. L'importanza della vita tecnica sta nel fatto che i TEE vengono riconosciuti per i risparmi stimati o misurati che si conseguono per la sua intera durata, mentre vengono erogati nell'arco della vita utile.

- coefficiente di addizionalità  $a$ : tiene conto di eventuali variabili di mercato che potrebbero far diminuire i risparmi conseguibili a causa dell'evoluzione tecnologica, normativa e di mercato. È

minore o uguale al 100 %, è già incluso nelle schede personalizzate, va stimato per le proposte a consuntivo.

- coefficiente di durabilità  $\tau$  (*tau*): è un parametro funzione di vita utile, vita tecnica e di un tasso di decadimento annuo dei risparmi  $\delta$  pari al 2 %, per tenere conto della progressiva diminuzione dell'efficienza dell'intervento. Ecco come viene calcolato:

$$\tau = \frac{RNI}{RNC} = 1 + \frac{\sum_{i=0}^{T-1} (1-\delta_i)^i}{U} = 1 + \frac{RNA}{RNC} = 1 + \frac{\sum_{i=U}^{T-1} (1-\delta_i)^i}{U} \quad (1.1)$$

- $T$  è la vita tecnica espressa in anni;
- $U$  è la vita utile espressa in anni;
- $\delta_i$  è il tasso di decadimento annuo dei risparmi e vale:
  - 0 % per i valori di  $i$  compresi tra 0 e  $U-1$
  - 2 % per i valori di  $i$  compresi tra  $U$  e  $T-1$ ;
- $RNI$  è definito “risparmio netto integrale” e rappresenta il risparmio ottenibile nell'intera vita tecnica dell'intervento.
- $RNC$  è definito “risparmio netto contestuale” ed è pari agli anni di vita utile dell'intervento;
- $RNA$  è definito “risparmio netto anticipato” e costituisce il risparmio ottenibile negli anni in cui il decadimento annuo è diverso da zero, cioè da  $U$  a  $T-1$ .

Per gli interventi standardizzati o analitici i valori di *tau* sono tabulati, in quanto facilmente calcolabili.

Per quanto riguarda gli interventi a consuntivo il proponente deve individuare nella Tabella 2 dell'EEN 9/11 il valore di *tau* della categoria in cui potrebbe rientrare il progetto che si vuole realizzare. Ecco i diversi casi che si possono presentare con proposte a consuntivo:

1. il progetto comprende un solo intervento, facilmente associabile ad una categoria;
2. vengono proposti più interventi facenti capo allo stesso progetto ma facilmente scorporabili e associabili alla categoria appropriata; in questo caso il calcolo avviene separatamente per ciascun intervento;
3. il progetto si può comporre di più interventi non scorporabili, per esempio a causa della stretta correlazione nel loro funzionamento; considerando due interventi se uno risulta avere un peso maggiore si potrebbe eseguire un unico calcolo del risparmio, tenendo conto dei rispettivi *tau* ma introducendo una media ponderata, valorizzando maggiormente l'intervento che porta un risparmio più elevato; sarà necessario però introdurre un algoritmo che tenga conto dei differenti parametri che possono influenzare i due interventi, quali vita tecnica, utile e decadimento annuo;
4. nel caso in cui l'intervento non possa venire associato esattamente ad una categoria bisogna individuare quella a cui più si avvicina correggendo eventualmente il *tau*, sempre al ribasso secondo una logica cautelativa.

#### *Metodi di valutazione standardizzata*

Sono caratterizzati da schede tecniche specifiche, una per ogni intervento standardizzato e costituiscono la modalità di valutazione più semplice dal momento che il risparmio è funzione unicamente delle unità fisiche di riferimento (UFR). Al momento sono presenti 34 schede tecniche di valutazione standardizzata.

Ogni scheda prevede per lo specifico intervento un risparmio lordo annuo (RSL) che moltiplicato per le UFR restituisce il risparmio lordo definitivo.

Moltiplicando quest'ultimo per i coefficienti  $\tau$  e  $a$  si ottiene il risparmio netto che sarà tradotto in TEE. Tale valore rappresenta il risparmio attualizzato annuo che sarà assegnato per ogni anno della vita utile (5 anni o 8 anni per interventi su involucro edilizio).

### *Metodo di valutazione analitica*

Sono caratterizzate da un algoritmo specifico che utilizza alcuni parametri legati al funzionamento e al consumo dell'apparecchiatura oggetto dell'intervento. Pertanto il proponente ha l'onere di trasmettere tali dati al GSE almeno una volta all'anno nell'arco della vita utile per poter giovare dei TEE corrispondenti. All'inizio del 2014 sono disponibili 10 schede tecniche di valutazione analitica. Oltre al *tau*, anche in questo caso viene utilizzato il coefficiente di addizionalità per calcolare il risparmio netto.

### *Metodi di valutazione a consuntivo*

Una proposta valutata secondo tale modalità viene detta "proposta di progetto e programma di misura" (PPPM).

La valutazione a consuntivo viene adottata necessariamente in mancanza di scheda tecnica standardizzata o analitica per l'intervento, ma anche su scelta del soggetto proponente soluzioni rientranti nelle altre casistiche qualora vi sia l'opportunità di attestare risparmi maggiori rispetto alle altre schede, mediante programma di misura ad hoc.

I metodi a consuntivo sono molto più complessi di quelli standard e analitici.

Il D.M. 28/12/2012 ha introdotto la novità dei "grandi progetti" alternativa alla procedura PPPM, per interventi di particolare complessità e rilevanza che comportino a un anno dalla loro implementazione risparmi anche potenziali, di almeno 35000 tep.

Tale categoria di interventi richiede una valutazione diversa dalle modalità precedentemente elencate, che tiene conto anche di emissioni in atmosfera e grado di innovazione tecnologica. Tali parametri consentono di ottenere un incremento dei titoli fino al 30 % per le emissioni e fino al 50 % per l'entità dei tep.

Vi è la possibilità di accorpate più interventi sotto un unico progetto, semplificando le pratiche amministrative del meccanismo incentivante, in tutti i casi, tranne qualora sia voglia accorpate interventi corrispondenti a metodi di valutazione eterogenei da realizzare presso un numero di clienti superiore a uno.

### *Dimensione minima di un progetto.*

Le proposte presentate al GSE devono garantire dei risparmi minimi, pena il mancato diritto alla riscossione dei TEE, per cui vengono definite delle dimensioni minime per ogni tipologia di progetto; tali soglie afferiscono al risparmio netto integrale, pertanto si deve tenere conto che il numero minimo di tep da conseguire può risultare molto minore come evidenziato nella Tabella 1.1.

*Tabella 1.1- Dimensione minima del progetto (Guida Operativa 3.1 Enea)*

Tipologia di progetto	Dimensione minima del progetto	
	TEE/anno - Con tau (2,65)	tep/anno - Senza tau
Standardizzato	20	7,5
Analitico	40	15
A consuntivo	60	23

I certificati bianchi hanno il valore economico di 1 tep ciascuno, pertanto non hanno un prezzo fisso e si distinguono in diverse tipologie [13]:

- titoli di tipo I, attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi finali di energia elettrica;
- titoli di tipo II, attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi di gas naturale;
- titoli di tipo III, attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale non destinate all'impiego per autotrazione;
- titoli di tipo IV, attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti e valutati con le modalità previste dall'articolo 30 del D.Lgs n. 28/11;
- titoli di tipo V, attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti e valutati con modalità diverse da quelle previste dall'articolo 30 del D.Lgs n. 28/11;
- titoli di tipo II-CAR, attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria, la cui entità è stata certificata sulla base di quanto disposto dal decreto ministeriale 5 settembre 2011;
- titoli di tipo IN emessi a seguito dell'applicazione di quanto disposto dall'articolo 8, comma 3, del decreto ministeriale 28 dicembre 2012 in materia di premialità per l'innovazione tecnologica;
- titoli di tipo E emessi a seguito dell'applicazione di quanto disposto dall'articolo 8, comma 3, del decreto ministeriale 28 dicembre 2012 in materia di premialità per la riduzione delle emissioni in atmosfera.

Il valore dei TEE viene indubbiamente influenzato dal fattore di conversione kWh/tep, che esprime la quantità di energia primaria necessaria a livello di sistema elettrico per produrre 1 kWh. La Delibera AEEG 03/08 ha fissato tale coefficiente pari a  $0,187 \cdot 10^{-3}$  [tep/kWh] per l'energia elettrica, mentre per l'energia termica si assume il fattore  $0,086 \cdot 10^{-3}$  [tep/kWh].

Il valore reale dei titoli può essere monitorato mediante il sito web del GME.



## Capitolo II

### 2.1 Linee guida Enea per le diagnosi energetiche

L'articolo 8 del Decreto 102/2014 prevede, come già detto, l'obbligo di diagnosi energetica per le grandi imprese e impone la conformità con le indicazioni impartite nell'Allegato 2.

Ecco i criteri minimi che deve possedere un audit energetico di qualità [14]:

- contenere dati aggiornati, misurati e tracciabili sul consumo di energia e dati sui profili di carico (per l'energia elettrica);
- analizzare dettagliatamente il profilo di consumo energetico degli edifici;
- valutare l'impatto degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica tenendo conto dell'intero ciclo di vita degli stessi, considerando anche il tasso di sconto, in modo da restituire un quadro completo degli investimenti nel lungo periodo;
- essere sufficientemente completo da descrivere in modo fedele la prestazione energetica globale, eseguire calcoli dettagliati in modo da avere informazioni chiare sui potenziali risparmi ed individuare agevolmente gli interventi migliorativi più incisivi.

Recentemente è stato redatto dal Ministero dello Sviluppo Economico con il supporto tecnico di ENEA, un documento per fornire chiarimenti circa l'Allegato 2, presentando delle vere e proprie linee guida per le diagnosi energetiche delle grandi imprese [15].

Viene spiegato il significato di "grande impresa" integrando le definizioni del decreto con le disposizioni comunitarie in materia di imprese. Tutte le imprese che non sono considerate PMI (Piccole e Medie Imprese) sono da intendersi come grandi imprese (almeno 250 persone occupate e fatturato annuo superiore a 50 milioni di euro o bilancio superiore a 43 milioni di euro) e pertanto soggiacciono all'obbligo di diagnosi energetica di cui all'articolo 8 della legge 102/2014.

Al punto 1.4 si precisa però che le Amministrazioni Pubbliche non costituiscono un soggetto obbligato, quindi l'Azienda Ospedaliera sembra essere svincolata dall'onere dell'adempimento della diagnosi energetica di cui sopra.

Riguardo il sito produttivo inteso come il luogo in cui viene prodotto un bene e/o fornito un servizio, viene specificato che qualora vi siano siti collegati in un sistema di rete (acqua, gas, energia elettrica, ..) l'impresa ha la possibilità di considerare il tutto come un unico sito e pertanto eseguire un'unica diagnosi energetica.

L'azienda deve elencare tutti i propri siti produttivi, esplicitando quali sono sottoposti a diagnosi e dandone motivazione (devono essere siti rappresentativi dell'attività energetica dell'azienda).

Al punto 4 sono indicati i requisiti minimi che la diagnosi energetica deve possedere al fine di adempiere all'obbligo di legge; si ribadisce l'obbligo di conformità con l'Allegato 2 del D.Lgs. 102/2014 indicando alcune norme tecniche di riferimento.

Viene prevista la creazione della "struttura energetica aziendale" caratterizzata dalla suddivisione dell'impresa in diverse aree funzionali. È quindi necessario acquisire i dati dei consumi energetici dai contatori generali e rilevare, se presenti, i dati di consumo di ciascuna area funzionale, altrimenti procedere ad una stima sulla base dei rilievi a disposizione e delle caratteristiche delle diverse unità.

Quindi si procede alla modellizzazione dell'azienda attraverso la costruzione degli inventari energetici.

Dopodiché viene effettuato il calcolo degli indici di prestazione energetica globali e per ogni area funzionale, se possibile si esegue un confronto con gli indici medi rappresentativi della media di mercato.

Segue lo studio e la scelta di un percorso ottimale per quanto concerne gli interventi di efficienza energetica, in modo da ridurre i fabbisogni energetici a parità di servizio reso.

I consumi energetici devono essere rilevati nell'anno n-1, considerando l'anno della diagnosi come anno n-esimo.

Una volta rappresentata l'azienda in aree funzionali si forniscono le seguenti informazioni:

- dati generali dell'azienda;
- consumi energetici in kWh e in tep per ogni vettore energetico utilizzato, in particolare, nel caso in questione, dati indicativi del servizio offerto per settore merceologico;
- indice prestazionale aziendale calcolato mediante rapporto tra consumi complessivi e la media del servizio specifico erogato;
- organizzazione della realtà aziendale, attività principale, servizi ausiliari e servizi generali, riportando le prescrizioni di funzionamento di ciascun impianto;
- planimetri aziendale, indicando le varie aree funzionali.

Per ogni area funzionale, la diagnosi deve indicare:

- consumi energetici per ogni vettore energetico utilizzato;
- descrizione dell'uso finale di ciascuna area funzionale;
- indice prestazionale di area (Ipa1), uguale al rapporto tra i consumi di area e la specifica destinazione d'uso;
- indice prestazionale di area (Ipa2), uguale al rapporto tra i consumi di area e la destinazione d'uso dell'azienda;
- mappatura dei macchinari e degli impianti che caratterizzano la specifica area funzionale;
- confronto delle tecnologie usate con lo standard di mercato.

La suddivisione in aree funzionali non deve essere troppo dettagliata, ma è opportuno che si fermi quando la dimensione energetica dell'unità sia inferiore al 5% dei consumi totali dell'azienda.

In caso di mancanza di dati di monitoraggio per ogni area funzionale, è possibile comunque determinare il peso energetico di ciascuna sulla base di dati tecnici e caratteristiche dell'attività degli impianti, oppure grazie a strumentazione portatile.

Bisogna quindi definire un piano di monitoraggio per tenere sotto controllo i dati più significativi per il processo gestionale e poter fare le giuste valutazioni energetiche sia per capire quali interventi siano più urgenti o efficaci, sia per verificarne i risultati a consuntivo; quindi è possibile definire e perfezionare il percorso di efficientamento, in modo da ridurre il fabbisogno energetico anno dopo anno.

## **2.2 Analisi dei consumi dell'Azienda Ospedaliera di Padova**

L'attività di audit energetico per le amministrazioni pubbliche è disciplinata dai capitoli tecnici di fornitura dei servizi energetici che caratterizzano le convenzioni stipulate dal Consip, una società per azioni pubblica che indice dei bandi di gara per conto delle amministrazioni stesse (tale argomento verrà approfondito nel capitolo seguente).

Si precisa che l'obiettivo che si pone questo paragrafo non è la diagnosi energetica ma un' "analisi energetica" dell'Azienda Ospedaliera evidenziando le aree funzionali, descrivendo gli impianti per quanto si ritiene utile all'inquadramento dello stato di efficienza degli stessi e individuando le unità che richiedono un intervento prioritario sia per raggiunti limiti di obsolescenza, sia perché rappresentano le maggiori possibilità di riduzione del fabbisogno energetico.

La figura 2.1 schematizza le aree funzionali differenziando gli impianti ed evidenziando le unità di maggior peso in termini di consumo energetico.

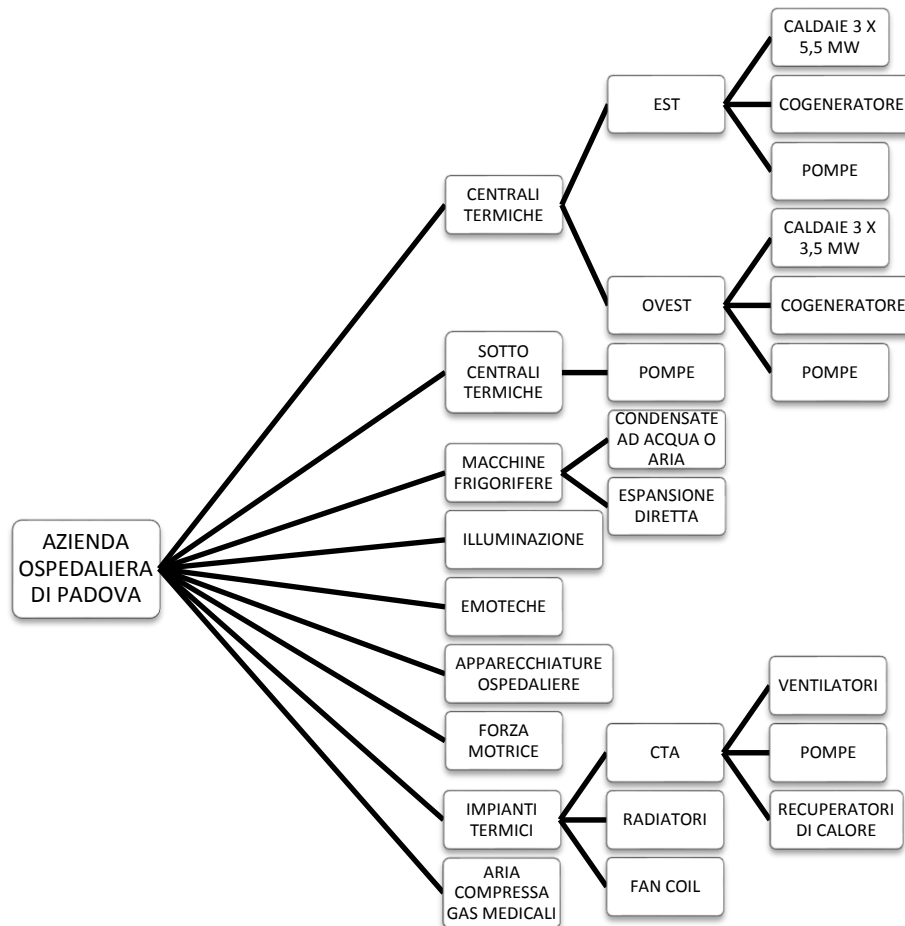


Figura 2.1 – Aree funzionali dell’Azienda Ospedaliera di Padova

L’ospedale deve far fronte alle domande di energia termica ed elettrica: la prima viene soddisfatta mediante il calore prodotto da appositi generatori e per cogenerazione, la seconda viene in parte fornita dall’energia elettrica prodotta, in parte dalla rete di potenza.

Ecco una breve descrizione delle aree individuate.

#### Centrali termiche

I locali tecnici dove avviene la produzione di calore per l’Azienda Ospedaliera sono “centrale termica est” e “centrale termica ovest”.

#### Centrale termica est (di seguito “CT Est”)

- 3 generatori ad acqua surriscaldata, potenza nominale 3,5 MW x 3, installati nel 1998;
- 1 cogeneratore Jenbacher J420GSA05, potenza elettrica 1416 kW<sub>e</sub>, potenza termica 1387 kW<sub>t</sub>, installato nel 2001.

### *Centrale termica ovest (di seguito “CT Ovest”)*

- 2 generatori a vapore, potenza nominale 5,5 MW x 2, dotati di scambiatore vapore-acqua surriscaldata, installati nel 1998;
- 1 generatore ad acqua surriscaldata, potenza nominale 5,5 MW, installato nel 1998;
- 1 cogeneratore Jenbacher J420GSA05, potenza elettrica 1416 kW<sub>e</sub>, potenza termica 1387 kW<sub>t</sub>, installato nel 2001.

Per ogni centrale un generatore viene tenuto come riserva, pertanto nel normale funzionamento sono accese solo quattro caldaie in totale.

Nella CT Ovest sono presenti due scambiatori di calore a fascio tubiero che consentono la trasmissione del calore al circuito primario e nel contempo il passaggio da vapore ad acqua surriscaldata.

Sono infine presenti dei gruppi frigoriferi e delle pompe di circolazione dell'acqua surriscaldata.

### *Sottocentrali termiche*

Sono i locali tecnici dove avviene lo scambio di calore tra i circuiti di circolazione dell'acqua surriscaldata provenienti dalle centrali termiche e l'acqua dei circuiti secondari, che forniscono calore agli impianti di riscaldamento e acqua calda sanitaria, pertanto sono presenti pompe idrauliche per il trasferimento dell'acqua alle utenze.

Le temperature dei due fluidi variano in funzione della temperatura esterna, ma lo scambio termico garantito dagli scambiatori è costante e corrisponde a un salto di 10 °C; mediamente nelle mezze stagioni si può assumere che il primario abbia una temperatura di 85 °C all'andata e 75 °C al ritorno, con il secondario che passa dai 35 °C ai 45 °C, mentre nel regime invernale la surriscaldata sia compresa tra i 105°C e i 95 °C, con il fluido secondario avente 55°C a monte e 65°C a valle dello scambiatore.

Le sottocentrali ospitano anche i collettori dell'acqua refrigerata circolante in tubazioni differenti dalle precedenti, che collegano i gruppi frigoriferi direttamente alle utenze..

### *Climatizzazione invernale, acqua calda sanitaria, vapore*

Quest'area comprende tutti gli impianti termici destinati agli usi finali: centrali di trattamento dell'aria (di seguito “CTA”), fancoil e radiatori per quanto concerne il riscaldamento, tubazioni per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria e il vapore.

Le CTA sono unità complesse caratterizzate dalla presenza di diversi componenti, tra cui ventilatori, pompe e recuperatori di calore.

### *Climatizzazione estiva*

Tale fornitura vede l'installazione di diverse macchine che si dividono in gruppi frigoriferi condensati ad acqua o ad aria, ed unità ad espansione diretta (i comuni “split”); queste macchine sono dislocate in diverse aree dell'ospedale.

### *Illuminazione*

Questa area funzionale racchiude tutte le lampade e i dispositivi per l'illuminazione di ambienti e la segnalazione dell'ospedale.

### *Forza motrice*

Comprende gli apparecchi per la movimentazione fisica di carichi quali ascensori e montacarichi. L'ospedale conta circa 150 ascensori suddivisi in tre tipologie: a tiro diretto, a taglia e oliodinamici.

### *Emoteche*

Sono armadi frigoriferi dove si conserva il sangue per le trasfusioni e altri usi.

### *Centrali di aria compressa e gas medicali*

Ne sono presenti due della potenza di 150 kW. L'aria compressa rende possibile l'inalazione da parte del paziente di sostanze terapeutiche; allo stesso modo i gas medicali, ossigeno e azoto, vengono direttamente portati alle utenze mediante tubature opportune.

Dall'organigramma si possono individuare tipologie di apparecchiature riconducibili ai fabbisogni termici ed elettrici; pertanto l'analisi riguarderà questi due parametri oltre al consumo di gas, dando uno sguardo d'insieme per poi fornire una stima dell'assorbimento energetico degli utilizzatori.

Oltre al consumo di energia si cercherà di analizzare la potenza di funzionamento degli impianti, agevolando l'individuazione di problemi di continuità e affidabilità della fornitura (es. blackout).

Per quanto attiene la fornitura termica si è scelto come periodo di analisi la stagione termica come definita dal D.P.R. 74/2013, ovvero quel lasso temporale che ha "inizio al primo agosto e termine al 31 luglio dell'anno successivo". Per l'analisi della fornitura elettrica è stato utilizzato l'anno solare.

Si è deciso di analizzare tre stagioni termiche, 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 e gli anni solari 2014 e 2015 per i rispettivi vettori energetici.

## **2.2.1 Analisi del consumo di gas naturale ed energia termica**

I dati utilizzati per la seguente trattazione sono stati reperiti dai registri delle centrali termiche dove giornalmente i tecnici trascrivono le letture dei contatori. Sono state raccolte le letture del primo giorno di ogni mese al fine di calcolare il consumo mensile.

Ogni centrale è dotata di due contatori di misura del volume di gas: uno contabilizza il consumo generale che include caldaie e cogeneratore; il secondo misura il volume utilizzato dal solo cogeneratore. Vi sono ulteriori due contatori che misurano energia elettrica e termica prodotte dal motore<sup>2</sup>.

Non è presente alcun contatore specifico per le caldaie, pertanto i dati relativi a quest'ultime sono reperibili solamente mediante differenza tra i consumi ricavati dai contatori generali e quelli dei cogeneratori.

Va segnalato che sono state riscontrate alcune incongruenze che verranno esposte durante la trattazione.

Nei grafici seguenti sono rappresentati i consumi di gas rilevati dai due contatori generali digitali delle centrali termiche che effettuano una misura in Smc (standard metri cubi), un parametro che esprime la quantità di gas contenuta in un metro cubo alla temperatura di 15 °C e alla pressione di 1013,25 millibar.

---

<sup>2</sup> nel testo le diciture "cogeneratore" e "motore" sono usate come sinonimi e sono pertanto da intendere con lo stesso significato

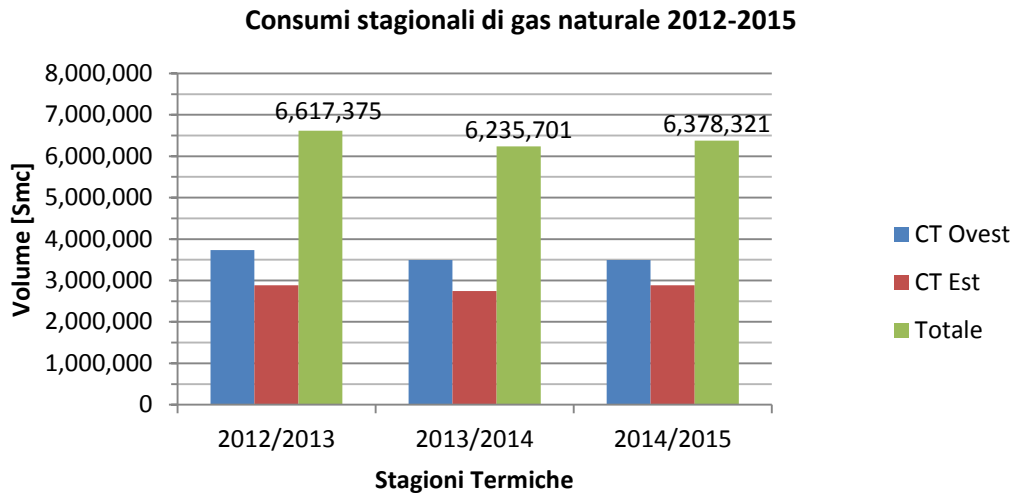


Figura 1.2 – Consumi stagionali di gas naturale dal 2012 al 2015

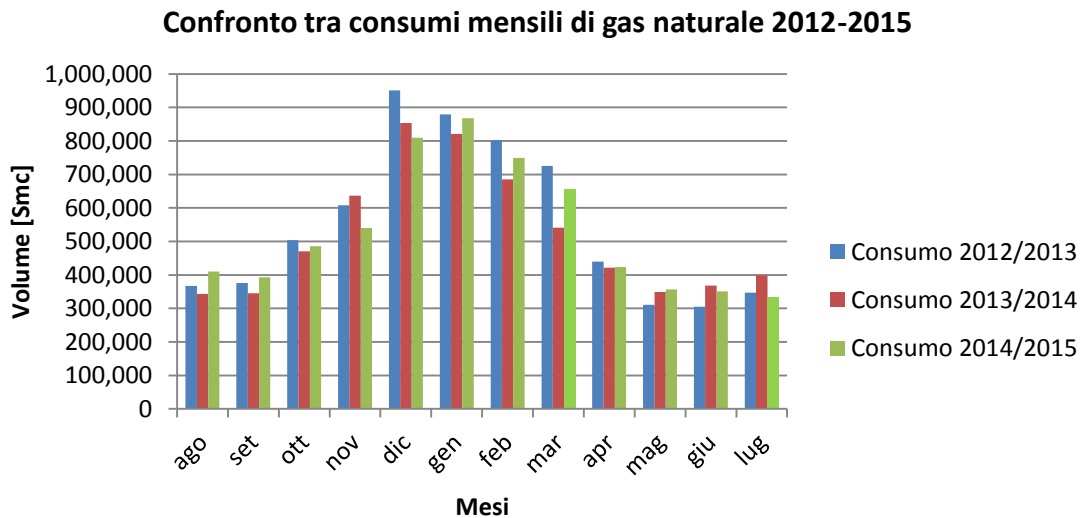


Figura 2.3 – Confronto tra consumi mensili di gas naturale dal 2012 al 2015

La figura 2.2 illustra in maniera chiara il volume totale di consumi di gas naturale dell’Azienda Ospedaliera, che si aggira tra i 6 e i 6,5 milioni di Smc, la figura 2.3 presenta un confronto tra i consumi mensili di stagioni termiche differenti; le variazioni sono strettamente correlate a clima e temperatura esterna.

Nel seguente grafico viene invece analizzato il consumo mensile per centrale termica.

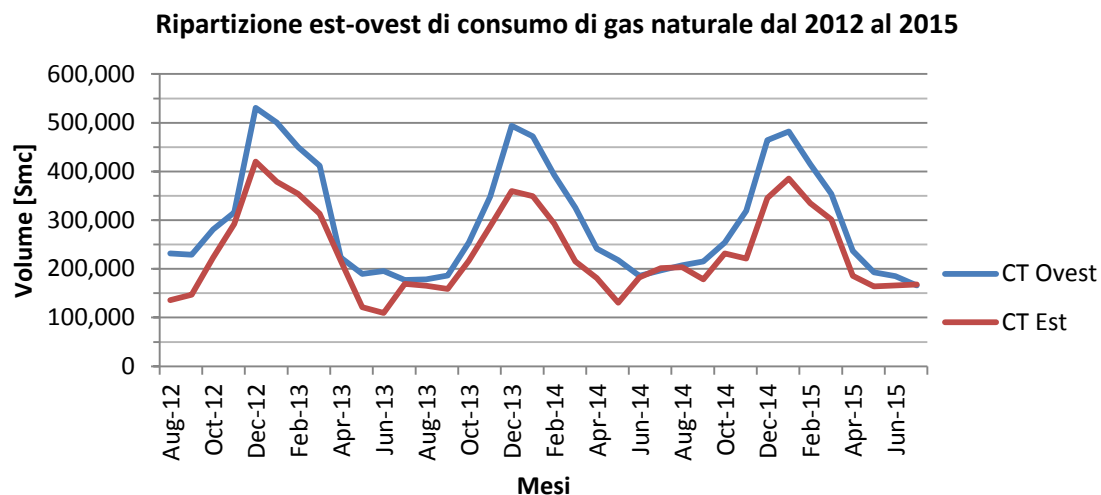


Figura 2.4 – Ripartizione di consumo di gas naturale tra CT Ovest e CT Est dal 2012 al 2015

Tabella 2.1 – Consumo mensile di gas naturale di CT Ovest e CT Est dal 2012 al 2015

Mese	Consumo di gas naturale in Smc		Totale
	CT Ovest	CT Est	
ago-12	231.730	135.776	367.506
set-12	229.127	147.053	376.180
ott-12	280.689	222.991	503.680
nov-12	315.913	292.193	608.106
dic-12	530.582	420.154	950.736
gen-13	500.494	378.836	879.330
feb-13	449.681	353.639	803.320
mar-13	411.814	313.505	725.319
apr-13	222.892	216.588	439.480
mag-13	189.979	121.262	311.241
giu-13	195.736	109.852	305.588
lug-13	177.285	169.604	346.889
ago-13	178.206	165.419	343.625
set-13	186.707	158.534	345.241
ott-13	253.939	216.839	470.778
nov-13	348.560	287.707	636.267
dic-13	494.098	359.786	853.884
gen-14	471.968	349.268	821.236
feb-14	392.911	292.810	685.721
mar-14	325.458	215.368	540.826
apr-14	241.277	180.870	422.147
mag-14	218.180	130.637	348.817

<b>giu-14</b>	185.652	182.773	368.425
<b>lug-14</b>	197.139	201.595	398.734
<b>ago-14</b>	207.299	203.358	410.657
<b>set-14</b>	215.222	178.308	393.530
<b>ott-14</b>	253.905	231.839	485.744
<b>nov-14</b>	319.105	221.086	540.191
<b>dic-14</b>	464.144	345.548	809.692
<b>gen-15</b>	482.206	385.771	867.977
<b>feb-15</b>	414.741	335.055	749.796
<b>mar-15</b>	353.828	301.565	655.393
<b>apr-15</b>	237.301	185.899	423.200
<b>mag-15</b>	192.761	164.035	356.796
<b>giu-15</b>	184.806	166.267	351.073
<b>lug-15</b>	165.999	168.273	334.272

I periodi estivi sono caratterizzati da un'equa ripartizione di gas naturale tra le due centrali termiche: ciò è dovuto al fatto che le caldaie vengono tenute spente l'estate, essendo da qualche anno venuta meno la domanda di vapore per le cucine del monoblocco, un edificio dell'area ovest che rendeva un tempo necessario il funzionamento del generatore a vapore. Attualmente i cogeneratori sono da soli in grado di sostenere la domanda di energia termica estiva per acqua calda sanitaria e post-riscaldamento delle UTA che si equivale per le aree est ed ovest; in realtà la domanda termica risulta essere molto minore rispetto alla disponibilità di calore cogenerato, tanto da limitare la potenza dei motori a causa dell'elevata temperatura di ritorno dell'acqua surriscaldata che non dovrebbe superare gli 83 °C.

Nelle stagioni invernali si osserva che la CT Ovest utilizza gas in quantità molto maggiore della CT Est, avendo generatori di calore con potenza superiore al fine di sostenere una domanda maggiore di energia termica.

Entrambe le centrali soddisfano anche la domanda termica dell'IOV da accordi che stipulati una volta avvenuta la scissione tra Azienda Ospedaliera, Istituto Oncologico Veneto e ULSS 16.

La CT Est alimenta l'Ex Busonera, grazie alla derivazione di una tubazione ad acqua surriscaldata della potenza nominale di ben 3,5 MW; tale potenza non viene mai trasferita attraverso tale condotta in quanto risulta sovradimensionata rispetto alla domanda attuale dello stabile e comunque non sarebbe garantita senza un intervento di potenziamento della centrale.

Viene ora analizzato il consumo dei cogeneratori, con riferimento alle stagioni termiche dal 2012 al 2015.



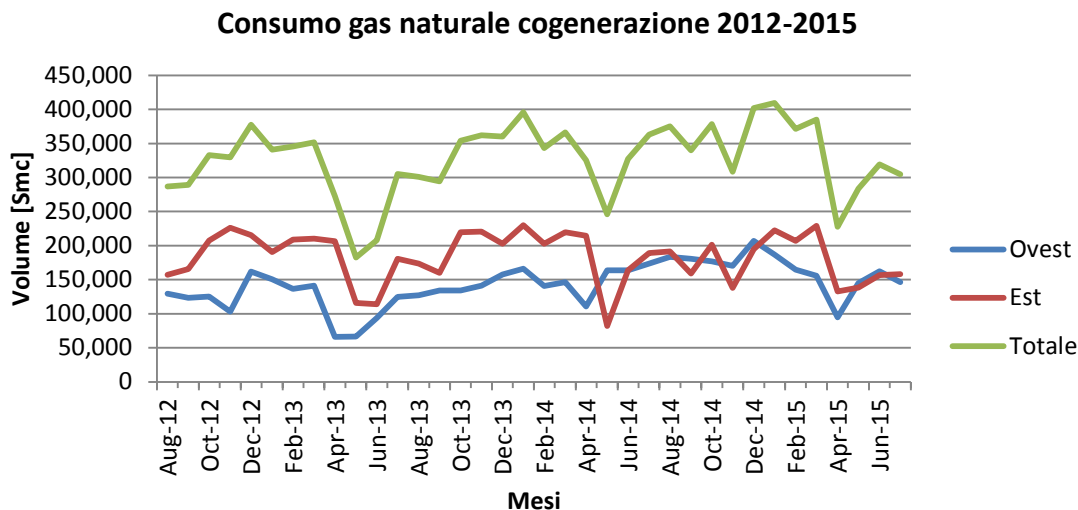


Figura 2.5 – Consumo di gas naturale dei cogeneratori dal 2012 al 2015

I dati della Figura 2.5 sono stati ricavati dalle letture dei contatori di gas dei rispettivi cogeneratori che effettuano una misura in Nmc (Normal metri cubi), è stato perciò necessario effettuare la conversione in Smc<sup>3</sup>.

Appare evidente un aumento nell'utilizzo del cogeneratore ovest, infatti nel 2012 e nel 2013 aveva subito diversi interventi di manutenzione straordinaria dovuti ai ripetuti problemi di sporcamento.

Si segnala che ad aprile 2014 il contatore di gas del cogeneratore est è andato fuori uso e per una settimana non sono stati contabilizzati i consumi. A fine aprile 2015 sono stati spenti entrambi i cogeneratori in corrispondenza del cambio di Terzo Responsabile della gestione degli impianti energetici per l'Azienda Ospedaliera.

Nel complesso la quantità di gas utilizzato è in aumento e ciò è da attribuire ad una temperatura media relativamente bassa dell'anno 2014 che ha consentito una maggior potenza estiva di funzionamento dei motori in accordo con quanto detto sulla temperatura dell'acqua di ritorno.

Nella stagione invernale invece, i cogeneratori ricevono l'acqua surriscaldata di ritorno ad una temperatura compresa tra i 78 e gli 80 °C e attuano un preriscaldamento prima che arrivi alle caldaie, in questo modo abbassa il carico di quest'ultime e aumenta la potenza termica di picco a disposizione. I generatori forniscono acqua surriscaldata e vapore a 130 °C che scambia calore con l'acqua pompata alle sottocentrali per il soddisfacimento del fabbisogno termico: riscaldamento e umidificazione a vapore per impianti a tutt'aria, riscaldamento per impianti ad aria primaria (fancoil e radiatori), acqua calda sanitaria, vapore per sterilizzazione e mensa (nell'area est).

La Tabella 2.2 presenta nel dettaglio i consumi di gas dei cogeneratori nelle tre stagioni di riferimento.

<sup>3</sup>Si ricorda che 1 Nmc = 1,056 Smc

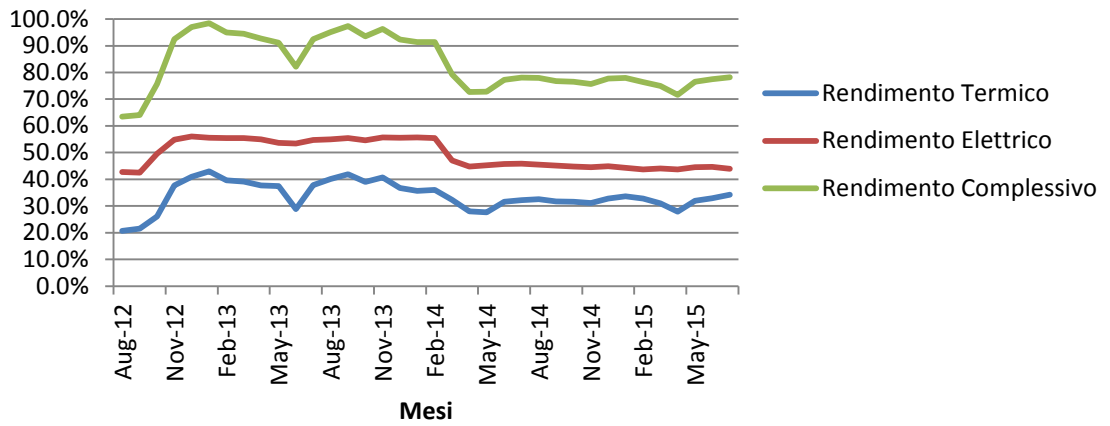
Tabella 2.2 – Ripartizione del consumo di gas naturale tra i cogeneratori dal 2012 al 2015

Mese	Consumi di gas naturale per la cogenerazione [Smc]		
	Ovest	Est	Totale
ago-12	129.535	157.301	286.836
set-12	123.412	165.617	289.028
ott-12	125.386	207.661	333.048
nov-12	103.299	226.297	329.596
dic-12	162.050	215.654	377.704
gen-13	150.596	190.354	340.950
feb-13	136.676	208.799	345.475
mar-13	141.274	210.346	351.619
apr-13	65.975	206.698	272.673
mag-13	66.484	116.018	182.502
giu-13	93.875	113.928	207.803
lug-13	124.811	180.443	305.254
ago-13	127.200	173.761	300.961
set-13	134.042	160.143	294.186
ott-13	134.260	219.729	353.989
nov-13	141.279	220.820	362.099
dic-13	157.579	202.581	360.160
gen-14	166.030	229.965	395.995
feb-14	140.512	202.588	343.101
mar-14	146.349	219.741	366.090
apr-14	110.840	214.465	325.305
mag-14	163.749	82.077	245.825
giu-14	163.902	163.532	327.434
lug-14	173.764	188.994	362.758
ago-14	183.713	191.587	375.300
set-14	180.780	159.015	339.794
ott-14	176.998	201.508	378.506
nov-14	170.339	138.072	308.411
dic-14	207.149	194.573	401.722
gen-15	186.801	222.605	409.406
feb-15	164.537	206.756	371.294
mar-15	155.615	229.296	384.911
apr-15	94.921	132.540	227.460
mag-15	144.886	138.499	283.385
giu-15	162.583	156.495	319.078
lug-15	146.381	158.306	304.687

Tabella 2.3 – Produzione di energia termica ed elettrica dei cogeneratori dal 2012 al 2015

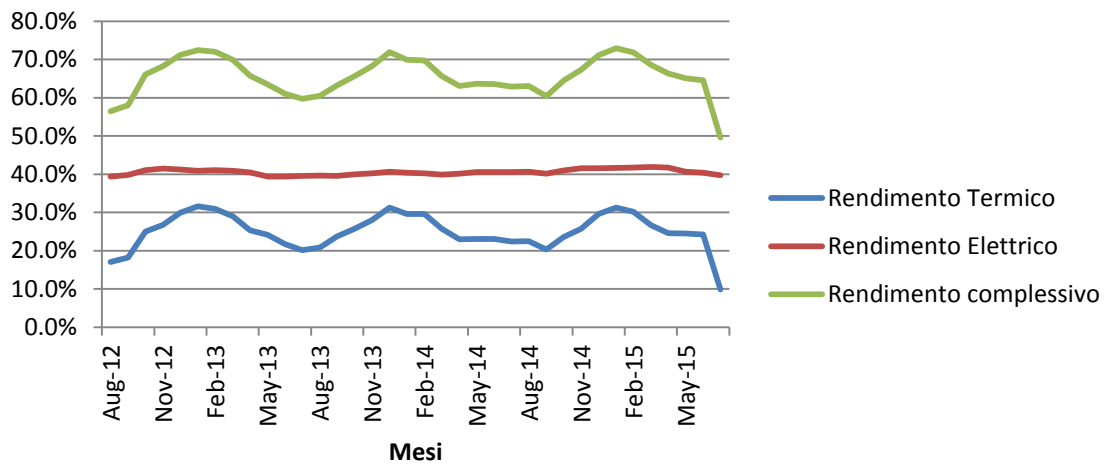
Mesi	Produzione ovest [kWh]		Produzione est [kWh]		Produzione totale [kWh]	
	Termica	Elettrica	Termica	Elettrica	Termica	Elettrica
ago-12	256.900	530.990	257.100	593.920	514.000	1.124.910
set-12	255.000	502.920	289.800	632.390	544.800	1.135.310
ott-12	313.900	595.710	498.000	818.160	811.900	1.413.870
nov-12	373.900	542.660	581.200	899.370	955.100	1.442.030
dic-12	636.900	870.190	619.000	853.290	1.255.900	1.723.480
gen-13	620.300	802.000	576.900	745.720	1.197.200	1.547.720
feb-13	518.600	726.310	619.100	822.330	1.137.700	1.548.640
mar-13	529.500	750.520	585.600	824.760	1.115.100	1.575.280
apr-13	238.700	347.900	501.300	802.000	740.000	1.149.900
mag-13	238.700	342.270	268.900	437.800	507.600	780.070
giu-13	259.400	480.440	237.200	430.240	496.600	910.680
lug-13	452.700	654.610	348.900	684.660	801.600	1.339.270
ago-13	489.700	670.240	346.500	660.960	836.200	1.331.200
set-13	539.200	712.510	364.200	607.150	903.400	1.319.660
ott-13	502.700	702.420	541.800	842.320	1.044.500	1.544.740
nov-13	550.600	754.040	592.900	852.370	1.143.500	1.606.410
dic-13	554.700	840.090	608.000	789.050	1.162.700	1.629.140
gen-14	567.900	886.680	651.800	889.750	1.219.700	1.776.430
feb-14	485.100	746.810	574.300	780.610	1.059.400	1.527.420
mar-14	453.400	659.480	542.200	840.710	995.600	1.500.190
apr-14	297.600	475.520	472.200	825.520	769.800	1.301.040
mag-14	433.300	709.690	181.600	319.170	614.900	1.028.860
giu-14	495.700	717.890	361.700	635.840	857.400	1.353.730
lug-14	536.100	764.520	405.200	734.570	941.300	1.499.090
ago-14	572.500	801.590	412.800	745.930	985.300	1.547.520
set-14	549.760	781.630	309.300	611.840	859.060	1.393.470
ott-14	537.140	760.850	455.900	791.100	993.040	1.551.950
nov-14	508.300	727.240	340.700	550.770	849.000	1.278.010
dic-14	651.500	891.400	551.900	775.300	1.203.400	1.666.700
gen-15	603.300	792.850	668.000	889.040	1.271.300	1.681.890
feb-15	517.600	688.530	598.200	826.900	1.115.800	1.515.430
mar-15	462.100	656.700	586.800	921.330	1.048.900	1.578.030
apr-15	253.700	397.870	312.600	530.810	566.300	928.680
mag-15	444.400	618.960	325.000	539.540	769.400	1.158.500
giu-15	512.700	695.670	364.100	605.530	876.800	1.301.200
lug-15	480.700	617.290	149.400	603.410	630.100	1.220.700

**Rendimento cogeneratore ovest dal 2012 al 2015**



*Figura 2.6 – Rendimento del cogeneratore ovest dal 2012 al 2015*

**Rendimento cogeneratore est dal 2012 al 2015**



*Figura 2.7 – Rendimento del cogeneratore est dal 2012 al 2015*

Tabella 2.4 – Rendimenti medi termici, elettrici e complessivi dei cogeneratori cogeneratori

	Rendimenti ovest			Rendimenti est		
	Termico	Elettrico	Totale	Termico	Elettrico	Totale
<b>2012/2013</b>	34,2%	52,4%	86,6%	25,0%	40,4%	65,4%
<b>2013/2014</b>	35,1%	51,3%	86,5%	25,5%	40,2%	65,7%
<b>2014/2015</b>	32,0%	44,5%	76,5%	24,4%	41,0%	65,5%

Le Figure 2.6 e 2.7 sono state ricavate dai dati rilevati dalle letture dei contatori di gas, energia termica ed energia elettrica di ciascun cogeneratore mediante la nota formula:

$$\eta = \frac{E_t \cdot E_{el}}{V_{gas} \cdot H_i^o}$$

Dove:

- $\eta$  = rendimento complessivo
- $E_t$  = energia termica in [kWh]
- $E_{el}$  = energia elettrica in [kWh]
- $V_{gas}$  = volume del gas in [Smc]
- $H_i^o$  = potere calorifico inferiore del gas naturale pari a 9,59 [kWh/Smc]

Per ricavare i rendimenti termici ed elettrici basta dividere l'energia termica o elettrica per l'energia di combustione.

Si osserva che il cogeneratore ovest è caratterizzato da rendimenti non conseguibili in quanto maggiori dei rendimenti nominali che sono 41,4 % e 42,3 % rispettivamente termico ed elettrico, pertanto è evidente la presenza di anomalie dei contatori.

Per quanto riguarda il cogeneratore est si rileva una situazione accettabile e si nota come il rendimento elettrico abbia un andamento pressoché piatto vicino al valore nominale, mentre il rendimento termico è strettamente correlato ai fattori climatici stagionali, risultando maggiore in inverno e minore in estate.

Ciò è dovuto probabilmente all'utilizzo estivo dei cogeneratori, costretti a dissipare gran parte dell'energia termica prodotta per mezzo dei radiatori posti sul tetto delle centrali, abbassando in tal modo il loro rendimento.

Tabella 2.5 – Potenza Media dei cogeneratori dal 2012 al 2015

	Energia prodotta [MWh]		Ore di lavoro		Potenza media [MW]	
	Ovest	Est	Ovest	Est	Ovest	Est
<b>2012/2013</b>	11.841	13.927	8100	8.500	1,5	1,6
<b>2013/2014</b>	14.545	14.420	8.500	8.500	1,7	1,7
<b>2014/2015</b>	14.524	13.466	8.350	8.350	1,7	1,6

In Tabella 2.5 è stata riportata la potenza media di funzionamento dei cogeneratori per le diverse stagioni termiche, ottenuta dividendo l'energia totale prodotta per le ore di funzionamento di ciascuna macchina.

Si può evincere che le due macchine lavorino a potenze medie molto inferiori rispetto alla potenza nominale dichiarata dal costruttore pari a 1415+1387=2702 kW ciascuna.

Ciò è determinato dalle alte temperatura estive che oltre a far diminuire il rendimento termico costringono ad una parzializzazione della potenza fino al 50 % di quella nominale (la potenza minima possibile è di 708 kW).

Come già accennato è stato possibile calcolare il consumo di gas naturale dei generatori di calore per differenza tra i consumi generali e quelli estrapolati dai contatori dei cogeneratori. I dati ricavati presentano delle incongruenze:

- il consumo estivo rilevato dai due contatori della CT Ovest differisce in modo ingiustificato dato che durante tali periodi i generatori erano spenti.
- la differenza eseguita per la CT Est ha restituito valori negativi in particolare in corrispondenza dei mesi estivi; in questi casi è stato assunto un consumo pari a zero.

Si può concludere che alcuni contatori non sono tarati correttamente in ciascuna centrale, ipotesi avanzata anche dai tecnici caldaisti.

Si ritiene comunque produttivo analizzare i dati a disposizione perché forniscono indicazioni utili alla trattazione.

In Tabella 2.6 sono riportati i consumi di gas calcolati per i generatori di calore.

*Tabella 2.6 – Volumi mensili calcolati di gas naturale consumato dai generatori di calore*

Mesi	Gas naturale per generatori di calore 2012-2015		
	Ovest	Est	Totale
ago-12	102.195	0	102.195
set-12	105.715	0	105.715
ott-12	155.303	15.330	170.632
nov-12	212.614	65.896	278.510
dic-12	368.532	204.500	573.032
gen-13	349.898	188.482	538.380
feb-13	313.005	144.840	457.845
mar-13	270.540	103.159	373.700
apr-13	156.917	9.890	166.807
mag-13	123.495	5.244	128.739
giu-13	101.861	0	101.861
lug-13	52.474	0	52.474
ago-13	51.006	0	51.006
set-13	52.665	0	52.665
ott-13	119.679	0	119.679
nov-13	207.281	66.887	274.168
dic-13	336.519	157.205	493.724
gen-14	305.938	119.303	425.241
feb-14	252.399	90.222	342.620
mar-14	179.109	0	179.109
apr-14	130.437	0	130.437
mag-14	54.431	48.561	102.992
giu-14	21.750	19.241	40.991
lug-14	23.375	12.600	35.975
ago-14	23.586	11.771	35.357
set-14	34.442	19.293	53.736
ott-14	76.907	30.331	107.238
nov-14	148.766	83.014	231.780
dic-14	256.995	150.975	407.970

gen-15	295.405	163.166	458.571
feb-15	250.204	128.299	378.502
mar-15	198.213	72.269	270.482
apr-15	142.380	53.359	195.740
mag-15	47.875	25.536	73.411
giu-15	22.223	9.772	31.995
lug-15	19.618	9.967	29.585

Di particolare interesse risulta la ripartizione dei consumi e dell'energia termica prodotta tra motori e generatori di calore, riportati nelle Figure 2.8 e 2.9.

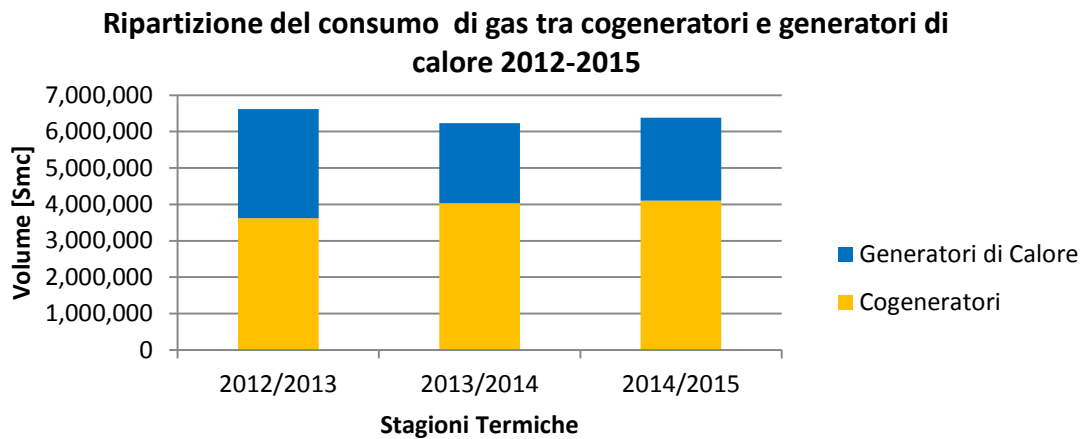


Figura 2.8 – Ripartizione dei consumi di gas naturale tra caldaie e cogeneratori dal 2012 al 2015

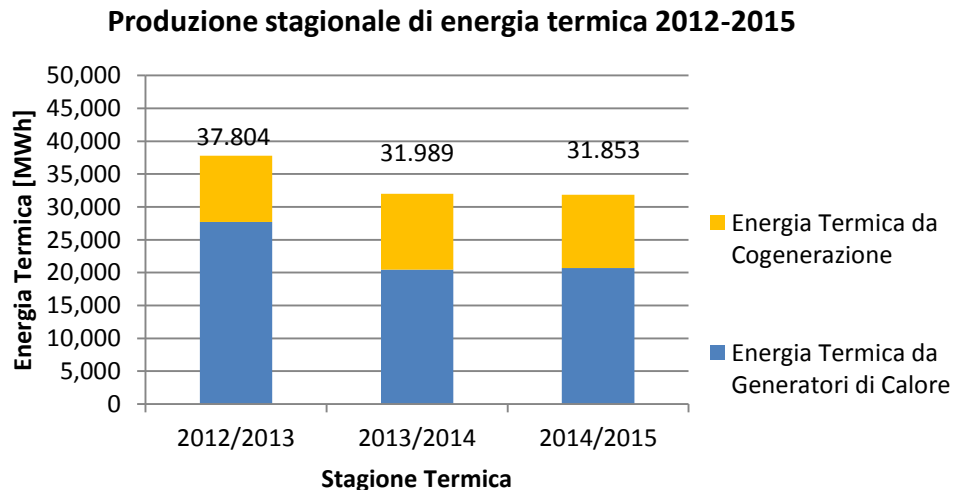


Figura 2.9 – Produzione di energia termica diversificata tra caldaie e motori dal 2012 al 2015

La produzione termica delle caldaie è stata ricavata moltiplicando ciascun consumo mensile per il potere calorifico e il rendimento medio delle ultime tre stagioni dei generatori pari a 94,7% per l'area ovest e 95,1 % per l'area est.

Ci si aspetterebbe che i cogeneratori fornissero la maggior parte dell'energia termica, stando alla Figura 2.8. Invece la Figura 2.9 mostra chiaramente come siano le caldaie a costituire l'impianto di base e i cogeneratori a coprire la punta di domanda.

Ciò può essere spiegato solo in parte:

- le potenze nominali dei cogeneratori sono molto minori rispetto alle potenze dei generatori di calore;
- il rendimento termico nominale dei cogeneratori, pari a 41,4 % non può far fronte al rendimento delle caldaie, che è di circa il 95 %.
- nel periodo estivo i cogeneratori funzionano con rendimenti termici molto bassi, al solo scopo di fornire energia elettrica, necessaria per diminuire il rischio di black-out, oltre a garantire un certo risparmio rispetto all'energia di rete

Da queste considerazioni e considerando anche i grafici dei rendimenti sopra riportati si comprende chiaramente che lo scopo principale dei cogeneratori è la fornitura di energia elettrica.

La Figura 2.10 mostra ancora più chiaramente come è ripartita l'energia termica tra gli impianti di produzione.

#### Produzione di Energia Termica Stagione 2014/2015

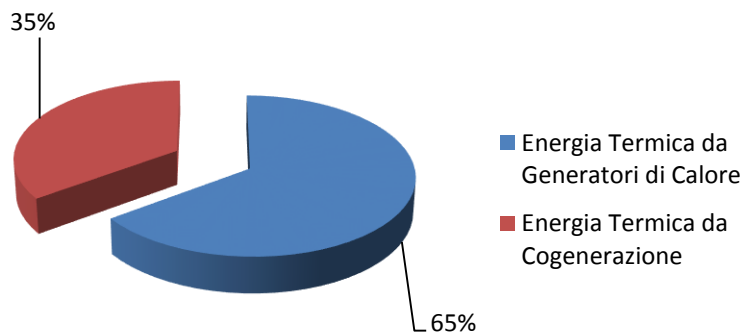


Figura 2.10 – Ripartizione energia termica prodotta nella stagione 2014/2015



### 2.2.2 Stima degli usi finali di energia termica

Conoscere il fabbisogno di energia termica degli usi finali del polo ospedaliero con i dati a disposizione appare pressoché impossibile, per diverse ragioni:

- errata taratura di alcuni contatori di gas, come già citato in precedenza e carenza di contatori a servizio dei generatori di calore;
- mancanza di contabilizzatori di calore nelle sottocentrali o, laddove vi siano, mancanza di connessione remota (alcune sottocentrali sono predisposte per la misura dell'energia termica ma manca l'allacciamento alla rete informatica, non consentendo un effettivo monitoraggio);
- mancanza di un contabilizzatore in corrispondenza della tubazione di acqua surriscaldata in derivazione dalla CT Est, che collega lo IOV;

Si elencano di seguito gli usi finali dell'energia termica dell'Azienda Ospedaliera:

- riscaldamento invernale, post-riscaldamento durante tutto l'anno;
- acqua calda sanitaria (ACS);
- vapore per reparti di sterilizzazione, lavanderia, mensa del personale, umidificazione dell'aria nelle UTA;
- perdite di cogenerazione nella stagione estiva;
- IOV.

La Figura 2.11 illustra la ripartizione tra le diverse forniture.

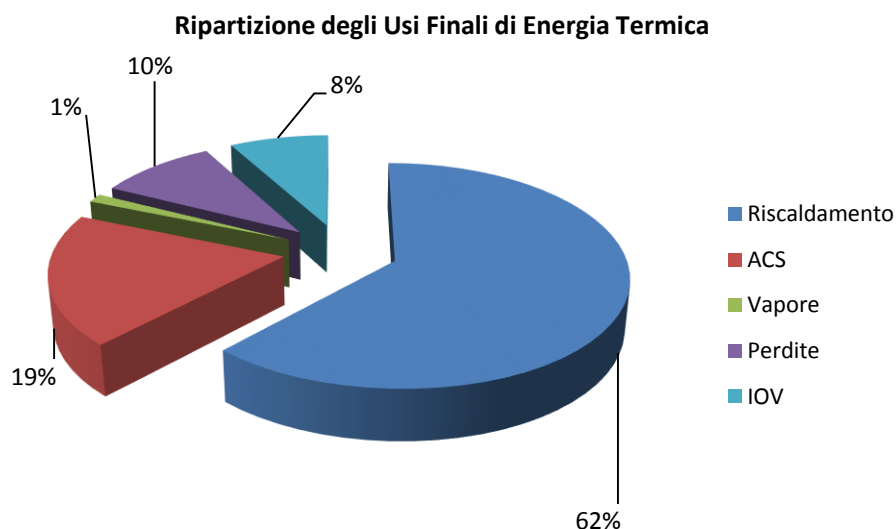


Figura 2.11 – Ripartizione di energia termica per usi finali

Per quanto riguarda il riscaldamento si è fatto uso di alcuni dati di archivio appartenenti ad un progetto per l'installazione di recuperatori di calore, che indicavano le potenze termiche degli impianti di ciascun edificio; grazie al supporto dei tecnici dell'Azienda, è stato possibile eseguire una valutazione di massima delle potenze, tenendo conto delle modifiche apportate a tali impianti nel corso degli anni. Una volta reperite dal sito dell'Arpav le temperature medie giornaliere della stagione termica 2014/2015 scelta come campione, è stato possibile calcolare l'energia termica richiesta da ciascun impianto, facendo una proporzione tra potenza termica nominale e gradi giorno; si tenga conto che gli impianti termici sono dimensionati per funzionare a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

È stata quindi operata una distinzione tra impianti a tutt'aria e ad aria primaria, considerando che i primi entrano in funzione quando la temperatura esterna scende al di sotto dei 20 °C, mentre i secondi quando la temperatura media giornaliera è inferiore a 15 °C.

Per la stima dei consumi di acqua calda sanitaria e post riscaldamento estivo è stato considerato il consumo totale di gas naturale dei mesi estivi della stagione termica 2014/2015 (agosto e settembre 2014 e maggio-giugno-luglio 2015) ipotizzando che venga utilizzato per produzione di acqua calda sanitaria, calore di post-riscaldamento e perdite attraverso i radiatori nelle percentuali 30 %, 30 % e 40 % rispettivamente; si considera una produzione di acqua calda sanitaria costante per tutto l'anno. La percentuale di consumo dello IOV si ritiene approssimativamente pari all'8 % del totale consumo rilevato dai contatori generali, facendo il rapporto tra i volumi riscaldati. Il consumo di vapore viene ricavato per differenza.

### **2.2.3 Analisi del consumo e della produzione di energia elettrica**

L'Azienda Ospedaliera si rifornisce di energia elettrica dalla rete di distribuzione a 20 kV e dai cogeneratori.

La distribuzione di energia elettrica avviene in media tensione a 20 kV dal 2007, mentre in precedenza la tensione di esercizio era di 10 kV, pari alla tensione con cui venivano eserciti i due anelli della rete interna dell'Azienda Ospedaliera, che prendono il nome di "Est" ed "Ovest". Tale passaggio ha comportato l'installazione obbligatoria di due trasformatori in olio abbassatori, chiamati "Sanatorio" (o Gattamelata) e "Ospedale" (o Cornaro) tuttora in funzione in attesa che venga completata la conversione delle linee interne dell'ospedale a 20 kV; sarà possibile in tal modo eliminare le cabine di media riducendo notevolmente le perdite di linea.

Nel normale funzionamento l'alimentazione avviene dalla cabina "Ospedale", mentre la cabina "Sanatorio" funge da soccorso.

La potenza contrattuale è pari a 7 MW ma entro fine anno sarà estesa a 9 MW, ritenuto un valore di sicurezza tale da evitare i ripetuti black-out che si sono ripetuti nei periodi più caldi della stagione estiva; è stato calcolato che la linea alimentata dall'ingresso di via Cornaro è dimensionata per sopportare ulteriori due MW, pertanto non dovranno essere realizzati lavori di adeguamento tecnologico.

Si cercherà ora di caratterizzare l'assorbimento di energia elettrica dell'ospedale, analizzando sia energetici che legati alla potenza.

I grafici di seguito riportati sono stati realizzati elaborando dati di fornitura in media tensione, reperiti da fatture e dati di produzione elettrica dei cogeneratori, ricavati dalle letture trascritte nei registri delle centrali termiche nonché da fatture redatte dall'azienda che aveva in gestione la fornitura del "Servizio Integrato di Energia" (SIE) nel quinquennio 2010-2015.

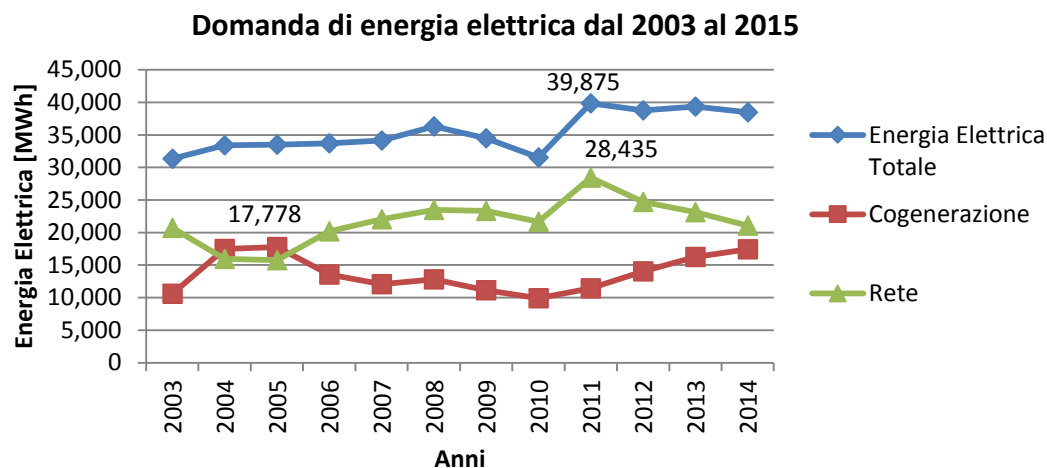


Figura 2.12 – Domanda di energia elettrica dal 2003 al 2015

Tabella 2.7 – Fornitura di energia elettrica dal 2003 al 2015

Anno	Energia elettrica totale [kWh]	Cogenerazione	Rete
2003	31.358	10.614	20.744
2004	33.418	17.471	15.948
2005	33.526	17.778	15.748
2006	33.719	13.548	20.171
2007	34.155	12.095	22.060
2008	36.312	12.810	23.502
2009	34.472	11.143	23.329
2010	31.563	9.889	21.674
2011	39.875	11.440	28.435
2012	38.767	14.062	24.705
2013	39.379	16.267	23.112
2014	38.492	17.431	21.061

La Figura 2.12 offre una panoramica del fabbisogno di energia elettrica dell'ospedale mostrando un aumento dei consumi dal 2003. È interessante fare un confronto tra contributo dei cogeneratori e da rete di distribuzione: solo nel biennio 2004-2005 i primi hanno erogato una quantità di energia elettrica maggiore rispetto a quella assorbita lasciando spazio a un divario netto fino al 2011, anno dopo il quale si è stabilito un trend positivo che ha portato il pareggio tra energia cogenerata ed energia di rete. Quest'ultimo fatto è giustificato, come già detto dalla decisione di tenere in funzione i soli motori nei periodi estivi spegnendo completamente la caldaia a vapore ovest, favorita dal taglio del fabbisogno di vapore per le cucine. Il picco massimo di consumo avviene nel 2011 e in corrispondenza si registra anche il massimo assorbimento di energia dalla rete.

L'aumento della produzione elettrica dei cogeneratori è illustrato nella Figura 2.13

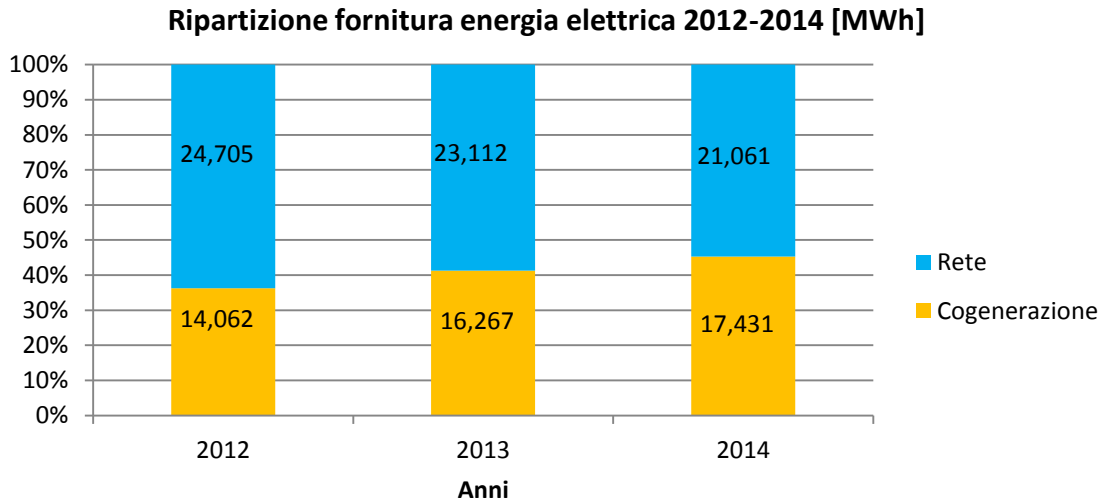


Figura 2.13 – Ripartizione della fornitura elettrica negli anni 2012, 2013 e 2014

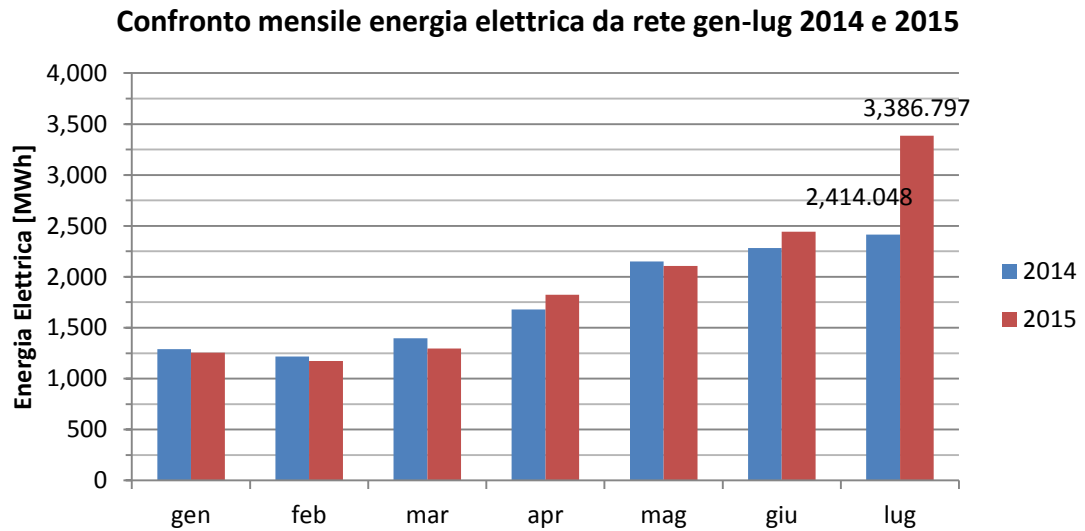


Figura 2.14 – Confronto tra assorbimenti mensili 2014 e 2015 da gennaio a luglio

### Confronto domanda di energia elettrica gen-lug 2014 e 2015

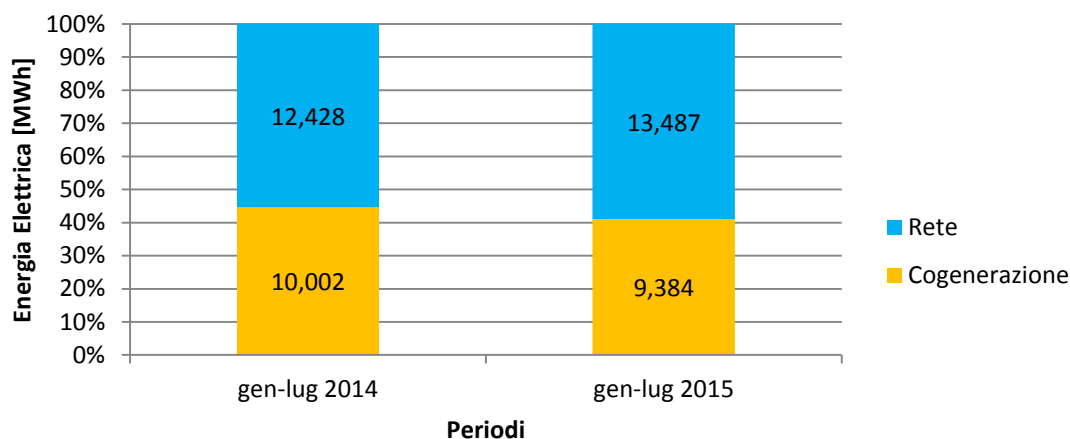


Figura 2.15 – Confronto tra domanda di energia elettrica complessiva gennaio-luglio 2014 e 2015

La Figura 2.14 mostra come la prima parte dell'anno 2015 sia caratterizzata da consumi elettrici maggiori rispetto al corrispondente periodo del 2014, specie in luglio; inoltre l'energia cogenerata registra un calo dovuto sicuramente alle alte temperature estive dell'anno corrente, che ha da un lato ridotto le prestazioni dei motori, dall'altro ha portato ad un uso intenso dei gruppi frigoriferi, con conseguente aumento della domanda di energia elettrica (Figura 2.15).

Questo rappresenta indubbiamente una problematica da affrontare al più presto, dal momento che nella stagione estiva si instaura un feedback positivo, per cui tanto è alta la temperatura esterna, tanto maggiore è la domanda elettrica, tanto minore è la potenza di lavoro dei cogeneratori.

A mero titolo di esempio, è stato riportato il diagramma di carico dell'anno 2014 che vede il picco nel mese di luglio (Figura 2.16); i dati corrispondenti sono riportati nella Tabella 2.8.

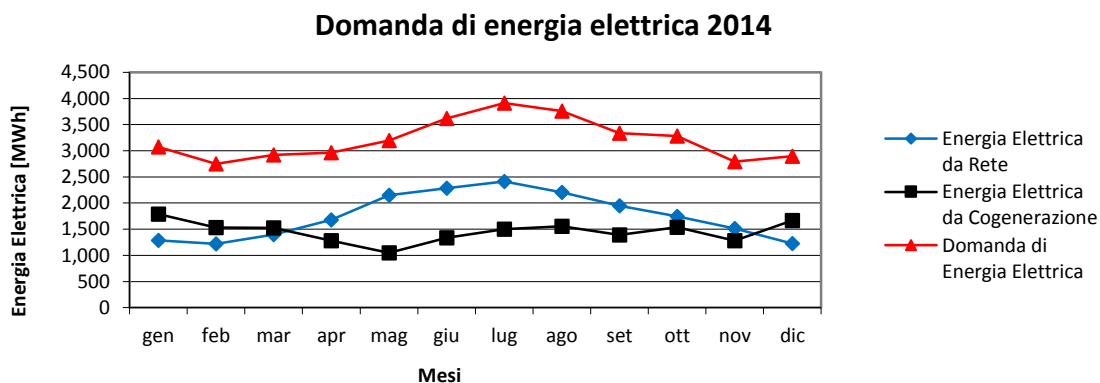


Figura 2.16 -Domanda di energia elettrica dell'anno 2014

Tabella 2.8 – Dati di domanda di energia elettrica dell'anno 2014 in [MWh]

2014	Totale	Rete	Cogenerazione			Totale
			Est	Ovest	Est+Ovest	
<b>Gen</b>	3.074	1.289	898	888	1.786	3.074
<b>Feb</b>	2.749	1.218	782	749	1.531	2.749
<b>Mar</b>	2.919	1.395	839	685	1.524	2.919
<b>Apr</b>	2.961	1.678	826	457	1.282	2.961
<b>Mag</b>	3.197	2.151	348	697	1.046	3.197
<b>Giu</b>	3.616	2.282	610	723	1.334	3.616
<b>Lug</b>	3.914	2.414	736	764	1.500	3.914
<b>Ago</b>	3.756	2.203	749	804	1.553	3.756
<b>Set</b>	3.338	1.946	612	781	1.392	3.338
<b>Ott</b>	3.281	1.744	775	762	1.537	3.281
<b>Nov</b>	2.791	1.512	557	722	1.279	2.791
<b>Dic</b>	2.895	1.228	776	891	1.667	2.895
	<b>38.492</b>	<b>21.061</b>	<b>8.507</b>	<b>8.925</b>	<b>17.431</b>	<b>38.492</b>

Nella tabella 2.9 sono riportate le potenze medie di produzione di energia elettrica da cogenerazione; per praticità sono stati presi i valori utilizzati per i grafici dei rendimenti del paragrafo precedente. Si osserva che le potenze medie sono nella norma, a testimonianza della funzione principale di queste macchine per l'Azienda Ospedaliera, ovvero la fornitura di energia elettrica.

Tabella 2.9 – Potenza media elettrica dei cogeneratori nelle ultime tre stagioni termiche

Stagioni	Produzione Elettrica [kWh]		Ore di Lavoro		Potenza Media Elettrica [kW]	
	Ovest	Est	Ovest	Est	Ovest	Est
<b>2012/2013</b>	7.146.520	8.544.640	8100	8.500	882	1.005
<b>2013/2014</b>	8.639.890	8.778.020	8.500	8.500	1.016	1.033
<b>2014/2015</b>	8.430.580	8.391.500	8.350	8.350	1.010	1.005

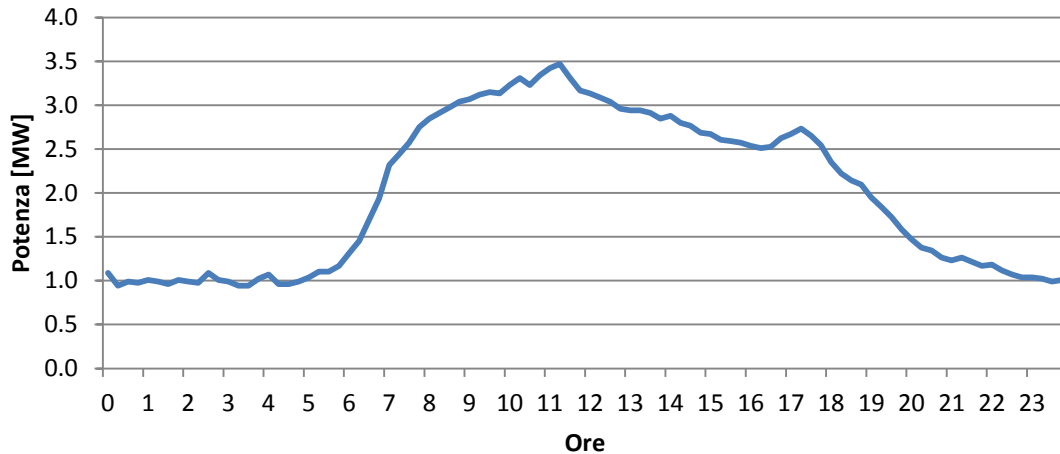
Vengono ora analizzate le curve di carico basate sulla potenza. Gli anni di riferimento sono il 2014 e il 2015, avendo di quest'ultimo a disposizione i dati fino al mese di luglio. Tali diagrammi sono stati tracciati grazie a misure di energia elettrica assorbita dalla rete a intervalli regolari di 15 minuti; in un lasso di tempo così breve è accettabile un'approssimazione della potenza media con la potenza istantanea di assorbimento.

Si tenga presente che i diagrammi successivi sono rappresentativi della domanda elettrica dell'ospedale al netto dei cogeneratori, non essendo stato possibile ricostruire le curve di carico degli stessi.

Analizzando i dati di consumo elettrico di qualsiasi anno solare ci si accorge che i mesi estivi sono i più energivori e i mesi invernali quelli a minore carico.

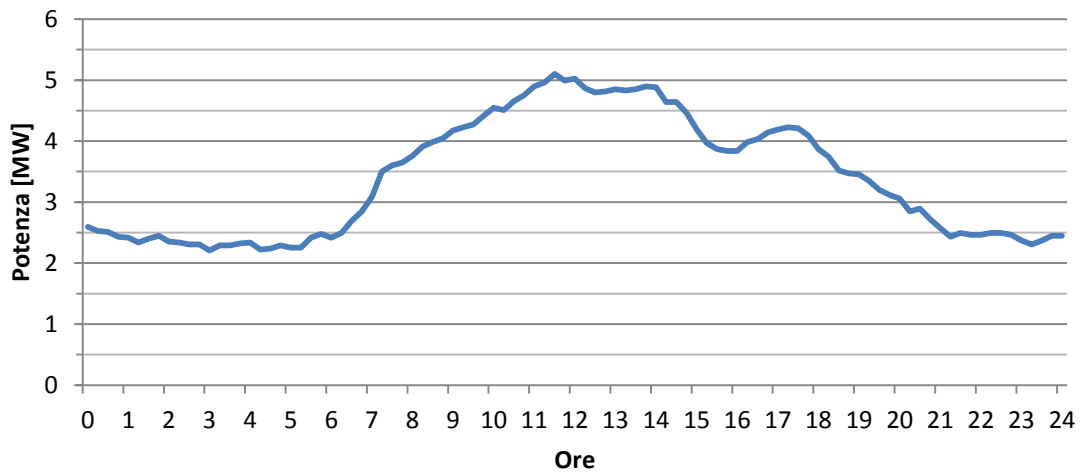
Vengono qui rappresentate due curve di carico rappresentative dell'andamento tipico di potenza giornaliera.

**Diagramma di Carico 15' Mer 28/01/2015**



*Figura 2,17 – Diagramma di carico del 28/1/2015*

**Diagramma di carico 15' mar 16/6/2015**



*Figura 2.18 – Diagramma di carico del 16/6/2015*

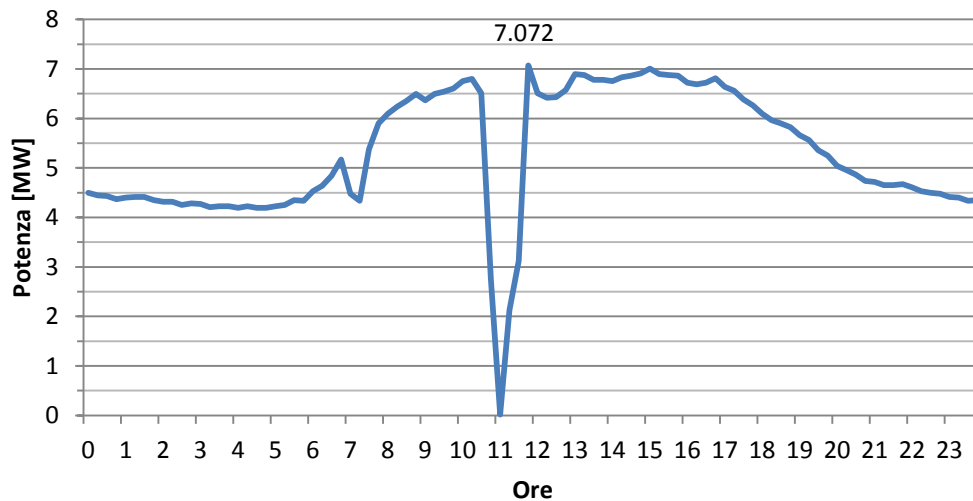
Si possono osservare due picchi attorno alle 11 e alle 17 attribuibili al funzionamento di “cook and chill”, apparecchi molto diffusi in ospedale utilizzati per il riscaldamento e il successivo raffreddamento di cibi precotti, che incidono in maniera non trascurabile sulla potenza assorbita, non tanto sull’energia in quanto funzionano per un’ora al giorno.

Sono stati quindi calcolati i valori di picco della potenza assorbita per gli anni 2014 e 2015, rispettivamente registrati a giugno e a luglio.

Il picco di potenza del 2014 è stato 6528 kW e ha rappresentato un caso isolato; sono pochi i momenti in cui la potenza ha superato i 6 MW.

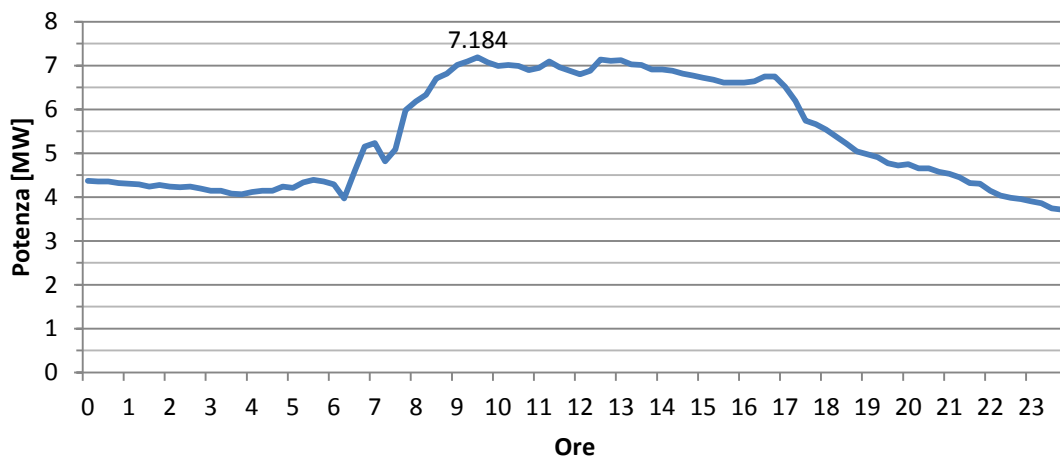
Da questo punto di vista desta maggiore interesse l'estate del 2015, caratterizzata da diverse giornate con potenze sopra i 7 MW, con conseguenti tagli sistematici di gruppi di utilizzatori (condizionamento di reparti, alimentazione uffici) e talvolta alcuni black-out (Figura 2.19)

**Diagramma di carico 15' mar 7/7/2015**



*Figura 2.19 – Diagramma di carico del 7/7/2015*

**Diagramma di carico 15' mer 8/7/2015**



*Figura 2.20 – Diagramma di carico del 8/7/2015*



Interessante il caso del 7 luglio, dove è chiaramente visibile un black-out. Il diagramma dell'8 luglio (fig.2.20) è caratterizzato dal picco massimo annuale di potenza assorbita pari a 7184 kW.

È evidente che i carichi “cook and chill” vanno a gravare pesantemente sull'affidabilità del sistema elettrico ospedaliero andando a sommarsi al già consistente carico estivo, contribuendo al rischio di black-out come quello sopra.

## 2.2.4 Stima del consumo degli usi finali di energia elettrica

Anche nel valutare i consumi di apparecchiature e impianti elettrici sono state riscontrate non poche difficoltà, tanto che per alcune aree funzionali non è stato possibile giungere ad una stima di consumo.

Si elencano le tecnologie di maggior peso nel consumo di energia elettrica:

- gruppi frigoriferi e climatizzatori split
- impianti di illuminazione
- emoteche
- centrali ad aria compressa e gas medicali
- forza motrice (ascensori)
- pompe e ventilatori per climatizzazione
- apparecchiature ospedaliere
- IOV

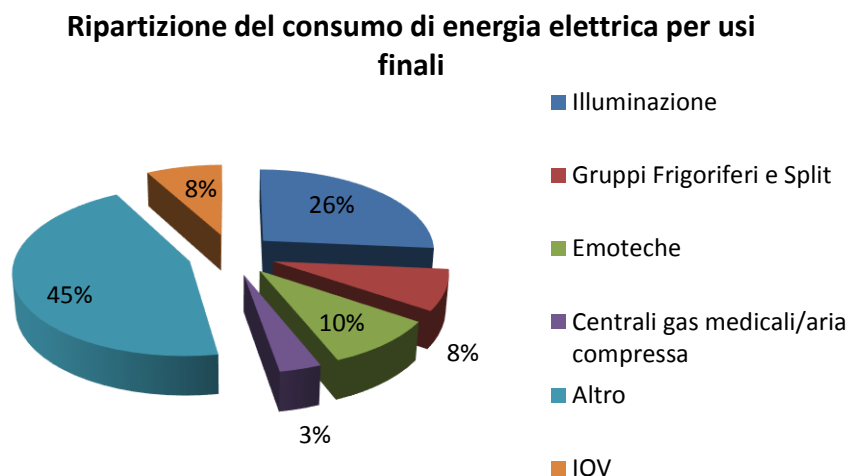


Figura 2.21 – Ripartizione del consumo di energia elettrica per gli usi finali

Si tenga in considerazione che i valori ricavati nella trattazione si riferiscono all'anno 2014.

Il consumo dei gruppi frigoriferi è stato quantificato facilmente dalla tabella 2.8, calcolando consumo medio dei mesi estivi (maggio-giugno-luglio-agosto-settembre) e quello dei mesi non estivi. Dunque si è calcolata la differenza che costituisce il consumo medio mensile dei gruppi frigoriferi e degli split ad espansione diretta; infatti si suppone che essi funzionino solamente nei cinque mesi “estivi”, essendo gli

unici responsabili del picco di domanda. Moltiplicando il consumo mensile per cinque si ottiene il consumo annuo dei gruppi frigo, pari a 3054664 kWh.

L'illuminazione, non avendo dati circa il consumo al metro quadro, è stata stimata grazie all'indice LENI, secondo la norma UNI EN 15193. Tale parametro può essere calcolato in maniera analitica o ricavato da valori tabulati (metodo "rapido") che associano un consumo annuo al metro quadro in base alla destinazione d'uso, alla presenza di sistemi di spegnimento manuali o automatici e presenza o assenza di sistemi di regolazione automatica della luminosità.

Tabella 2.10 – Valori dell'indice LENI per destinazioni d'uso (tratto da <http://www.infobuildenergia.it/>)

Destinazione d'uso	P (W/m <sup>2</sup> )	Classe di qualità	Indice LENI (kWh/m <sup>2</sup> anno)			
			Assenza di sistemi CTE		Presenza di sistemi CTE	
			Accensione/spegnimento			
			Manuale	Automatica	Manuale	Automatica
Scuole	15	*	34.9	27.0	31.9	24.8
	20	**	44.9	34.4	40.9	31.4
	25	***	54.9	41.8	49.9	38.1
Uffici	15	*	42.1	35.3	38.3	32.2
	20	**	54.6	45.5	49.6	41.4
	25	***	67.1	55.8	60.8	50.6
Ospedali	15	*	70.6	55.9	63.9	50.7
	25	**	115.6	91.1	104.4	82.3
	35	***	160.6	126.3	144.9	114

Nel caso in esame sono stati individuate quattro destinazione d'uso: ospedale (reparti), uffici, connettivi, locali tecnici. I connettivi rappresentano i punti di raccordo tra stanze o edifici come corridoi, scale, portici, caratterizzati da un'elevata superficie complessiva.

Sono state quindi calcolate le superfici in metri cubi di queste categorie di locali ed è stato scelto un indice di consumo al metro quadro per anno; per uffici e ospedale 54,6 e 115,6 kWh/m<sup>2</sup>anno, mentre per connettivi e locali tecnici non potendo contare su valori tabulati, sono stati stimati 30 e 15 kWh/m<sup>2</sup>anno. Moltiplicando per le rispettive superfici si sono ottenuti i consumi annui, che sommati danno 10171882 kWh/anno (Tabella 2.11).

Tabella 2.11 – Calcolo fabbisogno annuo di energia elettrica per illuminazione

	Indice LENI [kWh/m <sup>2</sup> anno]	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Fabbisogno Annuo [kWh/anno]
<b>Ospedale</b>	116	2.842	4.952.535
<b>Uffici</b>	55	5.232	3.015.667
<b>Connettivi</b>	30	3.076	1.892.280
<b>Locali Tecnici</b>	15	0.760	311.400
			<b>10.171.882</b>

Per calcolare la potenza delle emoteche considerato che ne sono presenti sei categorie, in base alla temperatura di funzionamento e modalità di utilizzo, è stato stimato un consumo unitario per ciascuna categoria, quindi moltiplicando per la quantità totale è stato ricavato il consumo annuo (Tabella 2.12).

Tabella 2.12 – Calcolo del fabbisogno annuo di energia elettrica delle emoteche.

Temperatura [°C]	Quantità	Potenza [kW]	Consumo [kWh/anno]
-80	93	1	814.680
-40	6	0,8	42.048
-30	1	0,6	5.256
-20	186	0,6	977.616
-20/+4	135	0,6	709.560
+4	381	0,28	934.517
			<b>3.483.677</b>

Sono presenti due centrali di gas ad aria compressa e gas medicali che sfruttano dei compressori per tenere ad alta pressione gas quali ossigeno e azoto e per fornire aria per le inalazione di sostanze. La potenza installata è di 150 kW e assumendo che funzionino sempre a regime, si può ipotizzare un consumo annuo di  $150 \cdot 8760 = 1314000$  kWh.

La voce “Altro” si riferisce a tutte le apparecchiature di cui non è stato possibile realizzare una stima e comprendono pompe, ventilatori, ma anche la forza motrice (sono installati 150 ascensori) e tutte le apparecchiature ospedaliere. Non essendo presenti dati a riguardo e data la forte variabilità di tali carichi, appare impossibile dare una stima nel dettaglio.

Una parte di energia elettrica è destinata all'alimentazione dello IOV ed è stata stimata nella misura dell'8%, sempre basandosi sul rapporto tra metrature e considerando che lo stesso IOV contribuisce al pagamento dell'8% dei consumi elettrici fatturati dall'Azienda Ospedaliera.

## 2.2.5 Osservazioni tecniche e opportunità di risparmio energetico

Prima di proporre possibili soluzioni alle problematiche relative all'energia e alla potenza degli impianti, è doveroso segnalare quanto sia di fondamentale importanza l'attività di monitoraggio dei consumi di gas, energia termica ed energia elettrica. Alla luce delle difficoltà nella raccolta dati verranno proposte di seguito alcune auspicabili azioni correttive.

È necessario effettuare un controllo dei contatori attualmente in uso date le incongruenze nel calcolo dei consumi, prevedendo un programma di manutenzione degli stessi; da valutare l'installazione di contatori di gas e di energia termica per i generatori di calore in modo da garantire un controllo costante dei consumi e delle prestazioni.

Con riferimento alla tubazione che porta l'acqua surriscaldata dalla CT Est all'ex Busonera è necessaria la sostituzione del contabilizzatore di energia termica attualmente fuori uso, con un altro posto in corrispondenza della derivazione dall'anello principale (quello da sostituire è posizionato all'ingresso del polo oncologico, non consentendo di contabilizzare le perdite attraverso la tubazione).

Ulteriori miglione potrebbero derivare dall'installazione di contabilizzatori nelle sottocentrali che ne sono sprovviste e parallelamente rendere operativi quelli già installati, differenziando tra circuiti di riscaldamento, acqua calda sanitaria e vapore.

Anche il calore recuperato nelle UTA dovrebbe essere misurato in modo da verificare l'efficienza dei recuperatori.

In relazione ai consumi elettrici sarebbe opportuno munire di contatori le apparecchiature che compongono le unità funzionali elettriche, in particolare:

- i gruppi di pompe presenti nelle centrali termiche e in tutte le sottocentrali;
- i gruppi frigoriferi. Alcuni sono provvisti di display digitale ma viene fornita solamente la potenza istantanea;
- centrali di gas medicali e aria compressa, prevedendo un contatore unico per locale;
- emoteche, prevedendo un contatore per locale.

Vi sono poi alcune unità che si ritiene opportuno monitorare prevedendo casi di studio, in modo da rilevare i consumi associati ad un determinato modello di macchina, a seconda dell'anno di installazione, del livello tecnologico e dell'utilizzo. È il caso di ventilatori delle UTA e degli ascensori.

Infine sarebbe utile poter rilevare i consumi per ogni reparto ospedaliero e non, per esempio inserendo un contatore per ciascun edificio e prevedendo in futuro un'installazione capillare piano per piano. In questo modo si potrebbe conoscere il fabbisogno elettrico di ogni struttura e mediante censimento delle apparecchiature ripartire tale quantità di energia.

L'installazione di questi apparati porterebbe ad un controllo costante sui consumi, rilevando con maggiore facilità ed attendibilità quali sono le tecnologie e le aree meno efficienti, stabilendo una priorità degli interventi.

Nonostante ciò è possibile evidenziare le problematiche cui far fronte con urgenza.

I ripetuti black-out estivi sono dovuti a picchi di potenza elettrica imputabili al massiccio assorbimento dei gruppi frigoriferi; dall'analisi del parco macchine è evidente come sia possibile conseguire un notevole aumento di efficienza, dato che numerose unità sono condensate ad aria e hanno un EER (Energy Efficiency Ratio) minore di 3.

Tabella 2.13 – Stato attuale dei gruppi frigoriferi

Ubicazione	Potenza		EER	Refrigerante
	Frigorifera [kW <sub>f</sub> ]	Elettrica [kW <sub>e</sub> ]		
Ortopedia	280,6	105	2,7	R407C
Ortopedia	12,8	4,8	2,7	<b>R22</b>
Servizi Psichiatrici	71	26	2,7	<b>R22</b>
Neurologia	27,8	10,5	2,6	<b>R22</b>
Neurologia	273	97,5	2,8	R407C
Neurologia	211,6	83,2	2,5	R407C
Clinica Neurologica	154,8	55	2,8	R407C
Pediatria	1080,6	200	5,4	R134A
Pediatria	88	39,4	2,2	R407C
Magazzini Edili	18	7,2	2,5	<b>R22</b>
Ufficio Tecnico	21	8,8	2,4	<b>R22</b>
Clinica Ostetrica	35,7	13	2,7	R407C
Clinica Ostetrica	535	94	5,7	R134A
Ex Casa Suore	62,2	22,2	2,8	R407C
Pneumologia	51	18,8	2,7	R407C
Pneumologia	60	22	2,7	R410A
118 Suem	29	10	2,9	R407C
118 Suem	29	10	2,9	R407C
Nuovo CED	27,29	9,5	2,9	R407C
Nuovo CED	27,29	9,5	2,9	R407C
Lavanderia	21	8,8	2,4	<b>R22</b>
Servizi del Personale	125	48,4	2,6	R407C

Infettivi	501,4	159	3,2	R134A
Giustiniano	16,5	4,88	3,4	R410A
Hospice	21	8,8	2,4	R407C
CT Ovest	1600	258	6,2	R134A
Cardiologia	161,4	58,8	2,7	<b>R22</b>
Cardiologia	161,4	58,8	2,7	<b>R22</b>
Cardiochirurgia	464	179	2,6	R407C
Cardiochirurgia	273	97,5	2,8	R407C
SC 12	1600	200	8,0	R134A
Policlino	38,4	13,7	2,8	R407C
Policlino	65,5	20,6	3,2	R407C
Policlino	27,8	10,5	2,6	<b>R22</b>
Policlino	26	9,6	2,7	<b>R22</b>
Policlino	865,1	320	2,7	<b>R22</b>
Policlino	865,1	320	2,7	<b>R22</b>
Monoblocco	47	17,5	2,7	R407C
Clinica Ambulatoriale	52,8	21	2,5	<b>R22</b>
Palafellin	231	82,5	2,8	R407C
CUP	10,4		2,5	<b>R22</b>
Semeiotica	14,7	7,6	1,9	<b>R22</b>
Semeiotica	29	10	2,9	R407C
Semeiotica	29	10	2,9	R407C
Monoblocco	135	49,9	2,7	R407C
Monoblocco	448	185	2,4	R410A
Monoblocco	10	4	2,5	R410A
Monoblocco	335	128	2,6	<b>R22</b>
Policlino	21	8,8	2,4	R410A
Giustiniano	21	8,8	2,4	<b>R22</b>

Diversi gruppi inoltre, utilizzano come refrigerante il gas R22, appartenente alla classe di composti idrofluorocarburi (HFC) che diversi studi hanno confermato essere nocivi per l'ambiente, tanto che l'UE ne ha vietato dapprima la produzione dal 1 gennaio 2010 e successivamente la commercializzazione dal 1 gennaio 2015. La normativa vigente obbliga le aziende ad effettuare controlli annuali con personale certificato su tali macchine e a provvedere al suo riciclo, con incremento dei costi.

Un altro ostacolo all'efficienza dei gruppi frigoriferi è dato dalla mancanza di impianti centralizzati, che trovano una conferma nelle unità split ad espansione diretta presenti in gran numero in diversi edifici.

In secondo luogo, alla luce della carenza di potenza termica di picco riscontrata negli ultimi anni, appare utile l'installazione di recuperatori che consentano lo scambio di calore tra l'aria in uscita e l'aria in ingresso delle UTA; in questo modo nel funzionamento invernale l'aria di mandata viene preriscaldata necessitando di un minor apporto di calore e pertanto rendendo possibile un risparmio di gas, abbassando il picco di potenza. Tale intervento permette di conseguire inoltre un risparmio di potenza frigorifera l'estate, concorrendo al calo della potenza elettrica di picco.

Un ulteriore beneficio energetico potrebbe derivare dalla sostituzione dei motori elettrici per pompe e ventilatori con altri di analoga potenza ma migliore efficienza; inoltre, grazie all'inserimento di inverter sarebbe possibile regolare la velocità e quindi diminuire la potenza conseguendo regimi attenuati.

Infatti, le UTA sono dotate di ventilatori che forniscono una portata d'aria in funzione del numero minimo di ricambi orari negli ambienti, stabilita per legge. Nelle ore notturne sono tuttavia consentiti regimi di funzionamento meno stringenti che rendono possibile la parzializzazione di tali macchine.

La quasi totalità delle pompe a servizio dei circuiti secondari non sono dotate di inverter, mentre le poche che ne sono provviste funzionano comunque “a punto fisso”, quindi non è possibile modulare la loro potenza. La regolazione della portata d’acqua avviene grazie a valvole a tre vie, con regolazione manuale, pertanto una volta impostata l’apertura delle valvole, le pompe funzionano con parametri costanti. A questo riguardo l’inserimento di inverter potrebbe rivelarsi utile per consentire un regime variabile qualora venga raggiunta la temperatura desiderata negli ambienti, apportando risparmi significativi.

## Capitolo III

### 3.1 Capitolato tecnico

L'obiettivo di questo paragrafo è fornire una descrizione dei servizi di fornitura disciplinati dal capitolato tecnico.

Le Convenzioni “sono contratti quadro stipulati da Consip<sup>4</sup> a seguito di una procedura di gara tradizionale o telematica”, per la fornitura di beni e servizi alle Pubbliche Amministrazioni sulla base di analisi delle esigenze di domanda, al fine di garantire trasparenza e concorrenza per le imprese che vi partecipano.

L'Azienda Ospedaliera di Padova ha aderito alla Convenzione per l'affidamento di un Multiservizio tecnologico Integrato con fornitura di Energia per gli immobili ad uso Sanitario (MIES) – Lotto 3, che prevede le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti tecnologici, delle strutture edili e dei complementi, la fornitura dei vettori energetici termico ed elettrico (qualora autoprodotta), l'implementazione degli interventi di riqualificazione e di efficientamento energetico degli impianti termici e, qualora richiesti, degli impianti di climatizzazione estiva ed elettrici, speciali e di illuminazione. Sono quattro i servizi principali che deve erogare il fornitore (o Assuntore), chiamati “A”, “B”, “C”, “D” a loro volta suddivisi in:

- **A.1.** Servizio Energia per gli Impianti di Climatizzazione invernale
- **A.2.** Servizio Energetico per gli Impianti Termici integrati alla Climatizzazione Invernale (impianti di produzione Acqua Calda Sanitaria, Acqua Surriscaldata, Vapore e impianto Idrico-Sanitario)
- **B.1** Servizio Tecnologico con miglioramento dell'efficienza energetica per gli Impianti di Climatizzazione Estiva
- **B.2** Servizio Tecnologico con miglioramento dell'efficienza energetica per gli Impianti Elettrici, Speciali e di Illuminazione
- **C.1** Servizio Tecnologico per gli Impianti Antincendio;
- **C.2** Servizio Tecnologico per gli Impianti di Trasporto verticale ed orizzontale;
- **C.3** Servizio di minuto Mantenimento Edile.
- **D.1** Certificazione energetica;
- **D.2** Diagnosi Energetica;
- **D.3** Misurazione e controllo;
- **D.4** Costituzione e Gestione del Sistema Informativo;
- **D.5** Call Center;
- **D.6** Programmazione e Controllo Operativo;
- **D.7** Costituzione e Gestione dell'Anagrafica Tecnica

Si distingue tra attività a canone e non a canone.

Per quanto riguarda i servizi A, tra le attività a canone vi sono gestione e conduzione degli impianti, fornitura di energia termica ed energia elettrica autoprodotta, manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria e riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto almeno per la quota “I<sub>CMR</sub>”, svolgimento del ruolo di Terzo Responsabile.

In particolare si precisa che gli interventi di manutenzione straordinaria e riqualificazione energetica dei servizi A è interamente a carico dell'Assuntore e il loro valore non deve essere inferiore al 10 % del canone dei servizi A.

I servizi tecnologici con efficientamento B prevedono tra le attività a canone gestione e manutenzione degli impianti, manutenzione ordinaria e riqualificazione energetica del sistema edificio impianto per la quota “I<sub>RE</sub>”. È fissato un valore massimo di quest'ultima quota pari al 25 % della componente M del

---

<sup>4</sup> Consip è una società per azioni del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF) che ne rappresenta l'azionista unico con il compito di svolgere “consulenza, assistenza e supporto nell'ambito di acquisti di beni e servizi delle Pubbliche Amministrazioni”.

canone dei servizi con efficientamento B e si precisa che tale quota può essere stanziata solamente dall'Amministrazione, solo qualora decidesse di attivare la riqualificazione dei servizi B.

Possono essere attivate anche attività extra canone a discrezione dell'Amministrazione, tra cui ulteriori interventi di riqualificazione energetica, sia per i servizi A che per i servizi B.

L'Azienda Ospedaliera ha deciso di non stanziare la quota  $I_{RE}$  e di focalizzarsi nell'ambito della Convenzione, sulla riqualificazione degli impianti oggetto dei servizi A, vale a dire quelli relativi a riscaldamento, acqua calda sanitaria e vapore.

Il capitolo 7 del capitolato disciplina la fornitura dei servizi energetici.

La modalità di funzionamento della cogenerazione può essere scelta dall'Amministrazione o dall'Assuntore.

Nel caso in questione è l'Assuntore a decidere formalmente le modalità di funzionamento, ma in realtà tiene conto delle necessità dell'ospedale, optando per una maggiore produzione di energia elettrica.

La remunerazione del calore per riscaldamento non tiene conto del consumo di gas ma del consumo energetico stagionale  $J_{pk}$  e del prezzo unitario in €/kWh differenziato a seconda del combustibile utilizzato; il calore per acqua calda sanitaria e vapore deve invece essere misurato da appositi contabilizzatori da installare se non presenti, come nel caso dell'ospedale, e la remunerazione avviene moltiplicando i consumi rilevati per i prezzi unitari al kWh previsti dalla Convenzione.

Almeno il 10 % dell'energia elettrica, che è di proprietà dell'Assuntore, deve essere ceduta gratuitamente all'Amministrazione, mentre la restante parte deve essere ceduta gratuitamente alla stessa nel caso in cui sia disposta ad offrire un prezzo pari a quello corrisposto dal GSE per il ritiro dedicato o nel caso in cui il prezzo fissato dall'Assuntore per l'energia elettrica sia minore di quello stabilito nei contratti di fornitura elettrica dell'Amministrazione.

L'ospedale quindi riceve il 10 % di energia elettrica gratuitamente, mentre pagherà la quota rimanente ad un prezzo minore del 10% rispetto a quello in bolletta.

Per quanto concerne la riqualificazione energetica, sono stabiliti degli obiettivi minimi di risparmio energetico, definiti dal cluster in cui rientra la classe energetica attribuita all'edificio e la durata temporale del contratto (5 o 7 anni). L'Assuntore si è impegnato di raggiungere l'obiettivo dell'1 % di risparmio rispetto all'entità di consumo energetico della stagione  $J_{pkst}$ ; a tale percentuale è associata una quantità di kWh che convertiti con gli opportuni fattori per energia termica ed elettrica in tep permettono di quantificare i "tep obiettivo".

L'Amministrazione deve controllare che gli interventi proposti e approvati, una volta ultimati portino effettivamente al conseguimento del risparmio dei tep obiettivo e di irrogare le sanzioni previste dal Capitolato in caso contrario. Solo l'Assuntore ha facoltà di richiedere titoli di efficienza energetica per i progetti realizzati.

### **3.2 Valutazione economica degli interventi di riqualificazione**

Come già detto, l'Azienda Ospedaliera ha scelto di realizzare solo gli interventi a canone, in quanto non comporteranno alcuna spesa ulteriore, i quali devono raggiungere almeno il valore del 10 % del canone dei servizi A e quindi 2,8 milioni di euro.

Nel paragrafo precedente si è visto come la prima opportunità di risparmio sia data dalla riqualificazione dei gruppi frigoriferi, che però rientrano tra i servizi B del Capitolato e richiederebbero una remunerazione extra canone.

L'installazione di recuperatori di calore per la riduzione della potenza termica di riscaldamento può invece trovare spazio nella quota  $I_{CMR}$  del canone A.

Pertanto l'Assuntore dopo aver effettuato sopralluoghi al fine di capire quali fossero le primarie esigenze di efficientamento ha proposto di effettuare interventi sulle unità di trattamento dell'aria che prevedono l'installazione di una grande quantità di recuperatori di calore, ma anche di motori elettrici ad alta efficienza da accoppiare ai ventilatori, inverter per consentire l'attenuazione notturna e la regolazione della potenza ventilante in funzione delle perdite di carico variabili dovute ai filtri, e serrande di regolazione variabile per impianti multi zone.



Prima di affrontare l'analisi di queste proposte è opportuno fornire una descrizione degli impianti oggetto degli interventi, ovvero le unità di trattamento dell'aria.

#### *Centrali di trattamento dell'aria*

Le centrali di trattamento dell'aria, o CTA, sono dei locali che ospitano una o più *Unità di trattamento dell'aria*, o UTA. Un'UTA è un impianto che ha lo scopo di fornire un ricambio d'aria agli ambienti serviti, trattandola opportunamente in modo da abbattere gli inquinanti che contiene e portarla alle condizioni termoigrometriche desiderate.

Ciò è possibile grazie ad una serie di componenti:

- filtri
- serrande di regolazione
- batteria di preriscaldamento
- batteria di raffreddamento
- umidificatore
- separatore di gocce
- ventilatore di mandata
- ventilatore di ripresa
- recuperatori di calore

#### *Filtri*

La filtrazione dell'aria è molto importante, specie in ambito sanitario, in quanto aumenta il comfort degli utenti e migliora l'efficienza degli impianti riducendo significativamente la polvere che si deposita sui componenti quali batterie di riscaldamento e raffreddamento, diffusori, recuperatori di calore, riducendone l'usura e la spesa per la manutenzione. Inoltre il deposito di polvere sulle batterie provocherebbe una diminuzione dell'efficienza di scambio termico, con conseguente maggior dispendio energetico.

La loro presenza induce una perdita di carico, che dipende dalla tipologia e dal numero dei filtri.

È sufficiente ricordare che generalmente vengono utilizzati filtri piani, a tasche e assoluti.

#### *Serrande di regolazione*

Sono delle alette metalliche motorizzate che hanno lo scopo di regolare la portata d'aria nelle sezioni di mandata e ripresa; infatti, durante il funzionamento dell'unità si accumula una sempre maggiore quantità di particelle sui diversi filtri, e ciò provoca un aumento delle perdite di carico che deve essere controbilanciata da un aumento di potenza da parte del ventilatore, al fine di mantenere costante la portata d'aria. Inoltre sono utili per ridurre la portata d'aria negli impianti multi condotto qualora sia stata raggiunto il comfort previsto in un ambiente, ma non negli altri.

Solitamente ne vengono poste una in mandata, una in ripresa.

#### *Batteria di preriscaldamento*

È una batteria alettata, del tutto analoga a quelle presenti nei ventilconvettori, in cui circola l'acqua calda ad una temperatura nominale di 65 °C; l'aria si riscalda attraversandola. La temperatura dell'aria può essere regolata variando la portata o la temperatura dell'acqua, secondo la nota formula dello scambio termico:

$$q = Gc\Delta T \quad (3.1)$$

Dove:

- $q$  = calore scambiato [W]
- $G$  = portata di massa [kg/s]
- $c$  = calore specifico dell'acqua, pari a 4187 [J/kg K]

-  $\Delta T$  = differenza tra la temperatura dell'acqua in ingresso e in uscita della batteria [K].

La temperatura dell'acqua viene solitamente mantenuta costante e pertanto la regolazione avviene variando la portata d'acqua, secondo due possibili modalità:

- mediante valvola a tre vie posta a monte della batteria, che devia l'acqua direttamente sul circuito di ritorno by-passando la batteria stessa; in questo caso, le pompe nelle sottocentrali termiche lavorano sempre alla potenza nominale. È l'unica regolazione presente in ospedale;
- mediante variazione del numero di giri del motore dell'elettropompa di circolazione del circuito secondario. Questo funzionamento è possibile solo se è presente un inverter, che consente la regolazione della velocità variando la frequenza di funzionamento del motore, secondo la formula:

$$n = \frac{60f}{p}(1-s) \quad (3.2)$$

n = velocità di rotazione del rotore [rad/s]

f = frequenza elettrica di funzionamento del motore [Hz]

p = numero di coppie polari

s = scorrimento, presente solo se il motore considerato è asincrono

La seconda modalità richiede l'installazione di valvole che chiudano completamente l'accesso a batterie e circuito di ritorno qualora gli ambienti abbiano raggiunto la temperatura desiderata, altrimenti la pompa non riesce a diminuire la sua portata e quindi la potenza.

#### *Batteria di raffreddamento*

È una batteria alettata analoga alla precedente in cui circola l'acqua refrigerata a una temperatura nominale di 7 °C. La regolazione della temperatura dell'aria avviene allo stesso modo della batteria di preriscaldamento. Anche in questo caso, la totalità degli impianti prevede l'utilizzo della valvola a tre vie, con funzionamento a potenza costante delle pompe di circolazione.

La funzione di questo componente non è solo quella di raffrescare ma anche di deumidificare l'aria nella stagione estiva, quando raggiunge elevati livelli di umidità specifica. La funzione deumidificante entra in gioco qualora la temperatura di un qualsiasi punto della batteria è minore della temperatura di rugiada dell'aria in ingresso.

#### *Umidificatore*

Serve ad aumentare l'umidità specifica dell'aria in ingresso. Viene utilizzato nelle mezze stagioni e nel periodo invernale, quando l'aria prelevata e riscaldata diminuisce la sua umidità relativa, e pertanto deve essere arricchita con la giusta quantità d'acqua per garantire un livello accettabile di comfort.

Esistono diversi tipi di umidificazione: quella a vapore prevede la nebulizzazione mediante appositi ugelli, mentre quella adiabatica consiste nello spruzzare acqua alla temperatura dell'aria in ingresso.

#### *Separatore di gocce*

È un dispositivo meccanico costituito da alette metalliche o in materiale plastico che elimina l'eccesso di acqua che l'aria in uscita dalla sezione di umidificazione porta con sé e raddrizza l'aria che ha assunto un moto turbolento [16].

#### *Ventilatori*

Solitamente sono due, uno per la mandata ed uno per la ripresa, hanno la funzione di aspirare o sospingere l'aria, garantendo la portata volumetrica richiesta dal numero di ricambi orari. Sono accoppiati al motore

elettrico mediante cinghia di trasmissione oppure vengono direttamente calettati sull'albero del motore (ventilatori plug fan).

### *Recuperatori di calore*

Questi dispositivi recuperano il calore nella stagione invernale e ne permettono il rilascio nella stagione estiva, ponendo in contatto termico l'aria in mandata e l'aria in ripresa. Ne esistono di diverse tipologie: i recuperatori a doppia batteria sono dotati di due batterie alettate poste una a valle della presa d'aria esterna e l'altra a monte dell'espulsione, collegate da un circuito dove scorre acqua sospinta da una pompa di piccola potenza (non maggiore di 1 kW); quelli statici a flussi incrociati convogliano l'aria in entrata e l'aria in uscita e mediante una serie di scanalature realizzano uno scambiatore in controcorrente; una terza tipologia è quella dei recuperatori rotativi costituiti da un rotore cilindrico, contenente migliaia di piccoli canali realizzati in un telaio di contenimento, che ruota grazie ad un azionamento formato da un motore elettrico e da un regolatore di velocità.

L'Assuntore, in ruolo di Terzo Responsabile dell'Azienda Ospedaliera gode delle agevolazioni per l'acquisto di gas naturale per la cogenerazione, ai sensi del D.Lgs. 504/1995 e della circolare 145/D del 17 maggio 1995, previste qualora vengano rispettate le caratteristiche tecniche indicate nella lettera b) comma 2 art. 11 della legge 10/91, ovvero che la potenza elettrica installata per la cogenerazione sia almeno il 10 % della potenza termica erogata all'utenza; questa condizione è verificata nel contesto dell'Azienda Ospedaliera, dal momento che la potenza nominale elettrica complessiva dei cogeneratori è 2830 kW, mentre la potenza termica complessiva di funzionamento è di  $(5,5 \times 2 + 3,5 \times 2 + 1,387 \times 2) = 20774$  kW.

Oltre a godere di un'accisa agevolata per il gas associata alla produzione elettrica dei cogeneratori, la circolare 145/D prevede l'aliquota ridotta per l'acquisto di gas di alimentazione delle caldaie integrative al cogeneratore. Il prezzo del gas naturale è caratterizzato da un'accisa stabilita a livello nazionale, da un'addizionale regionale e da un'aliquota IVA [16].

Le accise e le addizionali regionali per i consumatori industriali prevedono due scaglioni, il primo per i consumi fino a 1,2 milioni di Smc, il secondo per i consumi eccedenti 1, 2 milioni; fino a 1,2 milione l'accisa è pari a 1,2498 c€/Smc e l'addizionale regionale (per la regione Veneto) a 0,62490 c€/Smc, oltre 1,2 milioni di metri cubi sono pari a 0,7499 c€/Smc e 0,5165 c€/Smc rispettivamente.

L'IVA è ridotta in virtù delle considerazioni effettuate e pari quindi al 10%.

Dato che il consumo annuo di gas dell'Azienda Ospedaliera supera sempre i 6 milioni di metri cubi, nella trattazione verranno considerate accisa e addizionale per il consumo eccedente 1,2 milioni di Smc, in quanto in una stagione i risparmi termici vanno a limare la punta di domanda, non permettendo ovviamente di far scendere sotto 1,2 milioni il consumo totale annuo di gas.

Considerando il prezzo netto medio del gas pari a 31,50 c€/Smc per il 2014, rilevato da elaborazioni dell'AEEGSI per i consumatori tra i 2,627 e i 26,268 milioni di Smc, è possibile stimare un prezzo per il 2015 pari a 30,54 c€/Smc, tenendo conto del calo subito nell'anno in corso.

Pertanto è possibile stimare il prezzo lordo del gas  $C_g$  che l'Assuntore deve corrispondere:

$$C_g = (30,54 + 0,7499 + 0,5165) \cdot 1,10 = 34,99 \cong 35 \left[ \frac{\text{c€}}{\text{Smc}} \right] \quad (3.3)$$

Gli interventi analizzati comportano anche un risparmio elettrico, dovuto in parte all'installazione di inverter e motori ad alta efficienza, in parte al recupero termico estivo del freddo che permette il risparmio di una quota di energia elettrica assorbita dai gruppi frigoriferi.

Pertanto è stato stimato un prezzo dell'energia elettrica per l'anno corrente, sulla base di quello medio corrisposto lo scorso anno dall'Azienda Ospedaliera al fornitore, pari a 200,36 €/MWh. Tale valore è al netto delle imposte, che sono un esborso fisso e ammontano a 7320 €/mese, mentre è già comprensivo di IVA, pari al 22 %. Analizzando l'andamento del prezzo medio dell'energia elettrica, è emerso un calo del

0,75% rispetto allo scorso anno, pertanto si è calcolato il valore di 198,86 €/MWh, che verrà utilizzato nell'analisi economica.

Per provare la convenienza degli interventi si è deciso di computare i risparmi di energia termica ed elettrica conseguibili mediante un foglio di calcolo creato ad hoc.

Il risparmio termico è stato calcolato utilizzando le temperature medie orarie dell' "anno climatico tipo" [17], costituito da 12 mesi caratteristici scelti da un database di dati meteorologici rilevati in un periodo di almeno 10 anni; la metodologia di calcolo utilizzata è quella riportata nella norma EN ISO 15927-4.

La necessità di scegliere temperature orarie nasce dal fatto che, con riferimento alle UTA nelle mezze stagioni la temperatura esterna dell'aria può assumere valori medi pari alla temperatura impostata di riscaldamento/raffrescamento, ma subire escursioni giornaliere tali da consentire un recupero termico dei recuperatori; considerando temperature medie giornaliere non sarebbe possibile evidenziare tale recupero.

È stato scelto l'anno climatico tipo di Monselice, che rappresenta il paese più vicino a Padova per cui è stata fatta una raccolta dati affidabile; tenendo conto che la temperatura media annuale di Padova negli ultimi 5 anni è risultata essere in media maggiore di 1,2 °C rispetto a quella di Monselice si è stimato un "anno climatico tipo" sommando a ciascuna temperatura oraria la suddetta differenza.

Sono state quindi per ogni UTA riportate le temperature di accensione del riscaldamento e del raffrescamento, tenendo conto che le temperature invernali impostate sono di 20 °C per le aree non sanitarie, 22°C per degenze e ambulatori, 24 °C per terapia intensiva e sale operatorie, mentre il set point per l'estate è di 26 °C. Per terapia intensiva e sale operatorie la temperatura di 24 °C viene sempre garantita.

Per ogni ora è stato associato un algoritmo che imposta la temperatura di riferimento, che è di 20 °C (o 22°C) qualora la temperatura esterna scenda sotto i 20 °C ( o 22°C) e di 26 °C quando la temperatura esterna supera i 26 °C. Per le sale operatorie è stata sempre impostata a 24 °C.

È stato quindi implementato un algoritmo che computa il risparmio conseguito usando la formula dello scambio termico:

$$q = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T \text{ [kWh]} \quad (3.4)$$

q = calore recuperato in un ora [kWh], che coincide con la potenza media oraria del recuperatore

V = portata volumetrica d'aria in [m<sup>3</sup>/s]

ρ = densità dell'aria secca alla temperatura di 15 °C e al livello del mare, pari a 1,225 [kg/m<sup>3</sup>]

c = calore specifico dell'aria, assunto pari a 1017 [J/(kg K)]

ΔT = differenza tra temperatura dell'aria di mandata a valle del recuperatore e temperatura esterna dell'aria [K].

È stato possibile nel calcolo distinguere tra i funzionamenti differenti che si hanno nei giorni feriali, prefestivi e festivi e delle differenze giorno/notte.

Infatti vi sono impianti che lavorano 24 su 24 ore e altri che hanno un funzionamento prettamente diurno; nel primo caso, è stato impostata una portata notturna pari alla metà di quella diurna, tenendo conto della parzializzazione dei ventilatori resa possibile dall'installazione di inverter.

Le potenze termiche nominali dei recuperatori, elencate nella Tabella 3.1 sono state calcolate considerando per l'inverno la temperatura di -5 °C e per l'estate 35 °C, che sono tipiche temperature di dimensionamento degli impianti di climatizzazione estiva e invernale rispettivamente.

Tabella 3.1 – Potenze invernali ed estive di recupero termico

Edificio	Zona servita	Potenza	
		Inverno [kW]	Estate [kW]
<b>08 - Neurochirurgia</b>	Reparto e S.O	0	0
<b>19 - Servizi Personale</b>	Cucina	54,1	20,0
	Aula	21,8	8,1
	Spogliatoi	51,1	19,0
<b>20 - Clinica Ortopedica</b>	Reparto P1 e S.O.	0	0
<b>21 - Clinica Ostetrica</b>	Sala Parto	27,8	10,8
	Aula	41,7	15,6
	Dozzinanti	18,9	6,5
<b>31 - Policlinico</b>	Degenze Nord	347,3	119,7
	Degenze Sud		
	Nodo Traffico	188,4	94
<b>32 - Cardiochirurgia</b>	Rianimazione	65,4	26
	Reparto Operatorio		
	S.O	79,1	30,9
<b>33 - Cardiologia</b>	Degenze P2	161,5	55,6
	Degenze P1		
	U. Coronarica		
	Emodinamica		
<b>39 - Monoblocco</b>	Rianimazione P3	113,0	44,2
<b>41 - Trattamenti</b>	Radiologia e S.O.	111,1	43,4
	Radiologia PT	0	0
<b>53- Giustiniano</b>	S.O.	35,3	13,8
<b>54 - Giustiniano</b>	Medicina Nucleare	8,9	4
	Day Surgery	8,3	4,2
<b>Totale</b>		<b>1.334</b>	<b>514</b>

La potenza termica invernale garantita dai recuperatori inciderebbe positivamente sulla potenza di picco per il riscaldamento, consentendo di tenere la terza caldaia di riserva, mentre la potenza termica estiva risparmiata abbasserebbe il carico di potenza elettrica associata ai gruppi frigoriferi.

L'energia elettrica è data dalla somma tra il risparmio elettrico conseguito da ventilatori con motori più efficienti e/o dotati di nuovi inverter e il risparmio associato ai gruppi frigoriferi, la cui efficienza media è stata scelta pari a 2,8.

Per il calcolo dell'energia elettrica risparmiata dai ventilatori sono stati considerati i dati tratti dalle curve di carico da cataloghi di modelli simili a quelli installati nelle UTA in questione, infatti non è stato possibile conoscere i veri dati di targa per inaccessibilità degli impianti. Anche le potenze elettriche di funzionamento non sono note con esattezza e sono state considerate quelle esposte sui pannelli esterni delle UTA. È stato quindi calcolato il consumo in regime attenuato in quei locali che prevedono la continuità di servizio.

Nella Tabella 3.2 sottostante sono riportati i risparmi complessivi di energia primaria ed elettrica annuali.

*Tabella 3.2 – Risparmi annui di energia primaria, gas, energia elettrica e relativi risparmi economici*

Zona servita		Energia primaria [kWh]	Risparmio gas [Smc]	Risparmio gas [€]	Risparmio elettrico [kWh]	Risparmio elettrico [€]
<b>8</b>	<b>Reparto e S.O.</b>	0	0	€ 0	33.235	€ 6.609
<b>19</b>	<b>Cucina</b>	53.768	5.607	€ 18.819	-1.635	-€ 325
	<b>Aula</b>	20.046	2.090	€ 7.016	631	€ 126
	<b>Spogliatoi</b>	96.285	10.040	€ 33.700	52.512	€ 10.443
<b>20</b>	<b>Rep. P1 e S.O.</b>	0	0	€ 0	79.333	€ 15.776
<b>21</b>	<b>Sala Parto</b>	65.223	110.547	€ 22.828	23.833	€ 4.739
	<b>Aula</b>	38.309	3.993	€ 13.408	29.848	€ 5.936
	<b>Dozzinanti</b>	39.930	4.161	€ 13.976	14.510	€ 2.885
<b>31</b>	<b>Degenze Nord</b>	738.664	77.024	€ 258.532	495.939	€ 98.617
	<b>Degenze Sud</b>					
	<b>Nodo Traffico</b>	400.576	41.770	€ 140.202	109.366	€ 21.749
<b>32</b>	<b>Rianimazione</b>	240.229	25.050	€ 84.080	99.137	€ 19.714
	<b>Rep. Op.</b>					
	<b>S.O.</b>	186.671	19.465	€ 65.335	69.516	€ 13.824
<b>33</b>	<b>Degenze P2</b>	343.426	35.811	€ 120.199	175.765	€ 34.953
	<b>Degenze P1</b>					
	<b>U. Coronarica</b>					
	<b>Emodin.</b>					
<b>39</b>	<b>Rianimazione</b>	266.672	27.807	€ 93.335	6.883	€ 1.369
<b>41</b>	<b>Radiol./S.O.</b>	261.994	27.320	€ 91.698	49.522	€ 9.848
	<b>Radiologia</b>	0	0	€ 0	29.606	€ 5.887
<b>53</b>	<b>S.O.</b>	83.277	8.684	€ 29.147	37.271	€ 7.412
<b>54</b>	<b>Medicina Nuc.</b>	8.155	850	€ 2.854	370	€ 74
	<b>Day Surgery</b>	6.808	710	€ 2.383	575	€ 114
<b>Tot</b>		<b>2.850.032</b>	<b>400.930</b>	<b>€ 997.511</b>	<b>1.306.216</b>	<b>€ 259.749</b>

L'energia primaria è stata calcolata dividendo l'energia termica recuperata per il rendimento medio della centrale che fornisce il riscaldamento per lo specifico reparto, pari a 95,1 % per la CT Est e 94,7 % per la CT Ovest. Il consumo di gas è stato ricavato dividendo l'energia primaria per il potere calorifico del gas naturale assunto pari a 9,59 kWh/Smc. È stato quindi agevole calcolare il risparmio economico derivante

dal mancato esborso per il gas risparmiato pari a ben € 997511 all'anno, che costituisce un risparmio per l'Assuntore.

Il valore economico annuo del risparmio elettrico ammonta a € 259749 e viene risparmiato dall'Azienda Ospedaliera.

Tabella 3.3 – VAN a 5 anni per l'Assuntore, a 5 e 15 anni per l'Azienda Ospedaliera

Edificio	Zona Servita	Preventivo	Assuntore	Azienda Ospedaliera	
			VAN 5 anni	VAN 5 anni	VAN 15 anni
<b>08 – Neurochirurgia</b>	Reparto e S.O.	€ 45.000	-€ 45.000	-€ 16.386	€ 23.601
<b>19 – Servizi Personale</b>	Cucina	€ 50.000	€ 31.475	-€ 51.408	€ 60.482
	Aula	€ 82.000	-€ 51.625	-€ 81.457	-€ 38.250
	Spogliatoi	€ 49.000	€ 96.902	-€ 3.789	€ 263.279
<b>20 – Clinica Ortopedica</b>	Reparto P1 e S.O.	€ 46.000	-€ 46.000	€ 22.302	€ 117.750
<b>21 – Clinica Ostetrica</b>	Sala Parto	€ 81.000	€ 17.834	-€ 60.481	€ 106.308
	Aula	€ 33.000	€ 25.051	-€ 7.302	€ 109.731
	Dozzinanti	€ 33.000	€ 27.507	-€ 20.507	€ 81.505
<b>31 – Policlinico</b>	Degenze Nord	€ 507.000	€ 1.219.309	€ 14.122	€ 3.154.771
	Degenze Sud				
	Nodo del Traffico				
<b>32 – Cardiocirurgia</b>	Rianimazione	€ 65.000	€ 299.023	€ 20.353	€ 648.328
	Reparto Operatorio	€ 324.000	-€ 41.135	-€ 264.150	€ 214.774
	S.O.				
<b>33 – Cardiologia</b>	Degenze P2	€ 223.000	€ 213.087	-€ 71.681	€ 749.182
	Degenze P1				
	Unità Coronarica				
	Emodinamica				
<b>39 – Monoblocco</b>	Rianimazione P3	€ 133.000	€ 271.093	-€ 127.074	€ 445.902
<b>41 – Trattamenti</b>	Radiologia e S.O.	€ 176.000	€ 221.004	-€ 133.364	€ 481.006
	Radiologia PT	€ 25.000	-€ 25.000	€ 490	€ 36.110
<b>53 – Giustiniano</b>	S.O.	€ 27.000	€ 99.191	€ 5.089	€ 226.276
<b>54 – Giustiniano</b>	Medicina Nucleare	€ 27.000	-€ 16.645	-€ 26.681	-€ 11.766
	Day Surgery	€ 27.000	-€ 16.683	-€ 26.505	-€ 11.396
<b>Totale</b>		<b>€ 1.953.000</b>	<b>€ 2.279.387</b>	<b>-€ 828.430</b>	<b>€ 6.657.594</b>

Nella Tabella 3.3 seguente viene riportato il calcolo del valore attuale netto degli interventi considerando un tasso di sconto del 5%.

L'arco temporale di 5 anni è scelto dal momento che rispecchia la durata contrattuale pattuita.

Il VAN a 5 anni dell'Assuntore è pari a € 2.279.387 a fronte di un preventivo di € 1.953.000, quindi riesce a ripagare l'onere sostenuto (va ricordato che gli interventi analizzati rientrano nel canone), mentre il VAN a 5 anni per l'Azienda Ospedaliera costituisce una perdita -€ 828.430. Ciò è dovuto alla modalità di remunerazione dei Servizi A, che non tiene in considerazione la quantità di gas consumato.

Analizzando il VAN a 15 anni si può notare un netto guadagno da parte dell'ospedale dovuto al fatto che alla scadenza del contratto gli impianti con i nuovi interventi rimarranno a disposizione, non sapendo come saranno regolati i prossimi capitolati di fornitura dei servizi energetici.

Gli interventi analizzati risultano pertanto vantaggiosi per l'Azienda Ospedaliera, che potrebbe riuscire a limitare i picchi invernali di potenza termica e quelli estivi di potenza elettrica, tanto più se si considera che tali lavori sono inclusi nella quota del canone dei servizi A.

Stando ai preventivi elencati nella Tabella 3.3, contenuti nel progetto preliminare presentato dall'Assuntore, rimangono a disposizione circa 800000 euro per la realizzazione di ulteriori interventi di efficientamento.



## **Conclusioni**

Nella trattazione si sono evidenziati gli aspetti energetici relativi all'Azienda Ospedaliera di Padova.

Si è visto come vi siano delle serie problematiche, legate all'affidabilità del sistema, a cui gli interventi proposti nell'ambito del MIES potrebbero in parte porre rimedio.

Ciononostante, l'analisi dei consumi energetici ha fatto emergere notevoli problematiche legate alla misurazione dell'energia termica, elettrica e del gas, sia per l'errata taratura di alcuni contatori nelle centrali termiche, sia per la mancanza di contabilizzatori nelle aree funzionali di maggior interesse e consumo.

Senza l'attivazione di un piano di quantificazione dei consumi sul campo si ritiene impossibile delineare una strada sicura verso la diminuzione del fabbisogno energetico.



## Bibliografia

- [1] D. Lgs 30 maggio 2008, n. 115 , art. 2, comma 1, lettera n, in materia di "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE"
- [2] "Termografia", <https://it.wikipedia.org/wiki/Termografia>, Agosto 2015
- [3] "Diagnosi Energetica", <http://erisse.it/files/diagnosi.pdf>, Agosto 2015
- [4] "La Direttiva", <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=URISERV:114527>, Settembre 2010
- [5] "Normativa", <http://www.fficienzaenergetica.enea.it/industria/normativa/>, 22/8/2013
- [6] "EUR-Lex", <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=it>
- [7] "Legge 9 gennaio 1991, n. 10", [https://it.wikipedia.org/wiki/Legge\\_9\\_gennaio\\_1991,\\_n.\\_10](https://it.wikipedia.org/wiki/Legge_9_gennaio_1991,_n._10),
- [8] "Prezzi dell'energia elettrica relativi a cessione, vettoriamento e produzione per conto dell'Enel, parametri relativi allo scambio e condizioni tecniche generali per l'assimilabilita' a fonte rinnovabile. (Provvedimento n. 6/1992)", [http://www.autorita.energia.it/it/docs/riferimenti/CIP\\_6.htm](http://www.autorita.energia.it/it/docs/riferimenti/CIP_6.htm).
- [9] "Appunti di Economia del Mercato Elettrico", Prof. Arturo Lorenzoni, Cusl, 2012, p. 155
- [10] "La promozione del risparmio energetico: i decreti ministeriali 20 luglio 2004", <http://www.autorita.energia.it/it/ee/def.htm>
- [11] "Efficienza energetica edifici, in Gazzetta i tre decreti mancanti", [www.qualenergia.it](http://www.qualenergia.it), 16 luglio 2015
- [12] "Ottenere i titoli di efficienza energetica, Guida Operativa 3.1", Unità Tecnica Efficienza Energetica Enea, 9 luglio 2014
- [13] "Titoli Efficienza Energetica", <https://www.mercatoelettrico.org/it/Mercati/TEE/CosaSonoTee.aspx>, 2014
- [14] Allegato 2 – D.lgs. 102/2014, [www.gazzettaufficiale.it](http://www.gazzettaufficiale.it), 24/7/2014
- [15] "Chiarimenti in materia di diagnosi energetiche nelle imprese", [www.sviluppoeconomico.gov.it](http://www.sviluppoeconomico.gov.it), maggio 2015
- [16] <http://www.autorita.energia.it/>
- [17] "Anni Tipo Climatici: Nord Italia", [www.cti2000.it](http://www.cti2000.it)